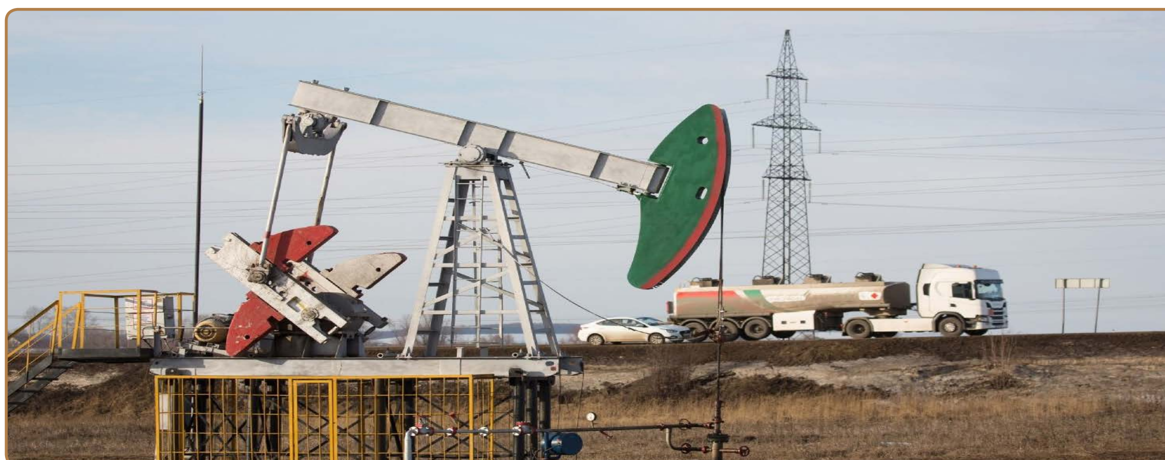
المجلة العربية للعلوم الجيولوجية
Arabian Journal of Geosciences

جامعة الملك سعود
King Saud University

الجمعية السعودية لعلوم الأرض
Saudi Society for Geosciences

Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences 21 موسوعة العمري في علوم الأرض

هل انتهى عصر النفط؟





عبد الله بن محمد العمري
قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

١٤٤٤هـ - ٢٠٢٣م



www.alamrigeo.com





فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
العمري ، عبدالله بن محمد سعيد
هل انتهى عصر النفط. / عبدالله بن محمد سعيد العمري - ط١.-
الرياض، ١٤٤٤هـ
٢٠٦ ص ، ٥,٢١ X ٢٨
ردمك: ٣-٢٩٩٤-٠٤-٦٠٣-٩٧٨
١ - النفط ٢ - البترول أ. العنوان ب. الموسوعة
ديوي ٣٣٨,٢٧٢٨٢ ٢٦٩٥ / ١٤٤٤

رقم الإيداع ٢٦٩٥ / ١٤٤٤
ردمك: ٣-٢٩٩٤-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

تطلب النسخة الورقية المجانية من المؤلف على العنوان التالي:
قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود ص.ب 2455 الرياض 11451
الإصدار الإلكتروني من خلال الموقع
www.alamrigeo.com





للاستفسارات والملاحظات الاتصال على:
جوال +966505481215 هاتف +966 11 4676198
البريد الإلكتروني E.mail : alamri.geo@gmail.com

الطبعة الأولى
١٤٤٤هـ / ٢٠٢٣م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَفِي ٱلْأَرْضِ ءَايَٰتٌ لِّلْمُوقِنِينَ ﴾

[سورة الذاريات : آية 20]

﴾And on the Earth are Signs for Those Whose Faith is Certain﴿



موسوعة العمري في علوم الأرض



تمهيد

الحمد والشكر لله الذي ساعدني في إنجاز هذا الجهد المتواضع المرتبط بتأليف الموسوعة العلمية العربية. تهدف الموسوعة العلمية الشاملة في علوم الأرض والبيئة والطاقة إلى تزويد وخدمة الباحثين وطلاب المدارس والجامعات وفئات المجتمع نظراً لمعاناة المهتمين من مشاكل ندرة المراجع العربية في هذا المجال. تشتمل الموسوعة المجانية والتي تعتبر الأضخم عالمياً على 30 كتاب علمي ثقافي موثق ومدعم بالصور والأشكال التوضيحية المبسطة في 6000 صفحة تقريباً تغطي خمسة أجزاء رئيسية:

الجـــزء الأول مكون من ستة كتب يناقش عمر الأرض وشكلها وحركاتها وتركيبها الداخلي وثرواتها المعدنية والتعدينية والجاذبية الأرضية وعلاقتها بالمد والجزر:

- تقدير عمر الأرض
- التركيب الداخلي للأرض
- شكل الأرض وحركاتها
- المعادن والتعدين
- الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها
- المد والجزر

الجـزء الثـانـي من الموسوعة يشتمل على ستة كتب تربط علاقة الأرض بالنظام الشمسي وبالأخص القمر والأغلفة الجوية والمائية والحيوية المحيطة بالأرض. وكذلك دور الزلازل والتفجيرات والبراكين والتسونامي في التأثير على بنية الأرض وكيفية تقليل مخاطرها:

- موجات التسونامي
- البراكين وسبل مجابهتها
- الزلازل والتفجيرات
- جيولوجية القمر
- تقييم مخاطر الزلازل
- الأغلفة المحيطة بالأرض



الجزء الثالث يتألف من ستة كتب يربط كل ما يتعلق بالمشاكل والكوارث البيئية والطبيعية وحلولها والتغيرات المناخية وأهمية التشجير ومعالجة الاحتباس الحراري:

- المشاكل البيئية وحلولها
- الانزلاقات والإنهيارات والفيضانات
- التغيرات المناخية والاحتباس الحراري
- الأمطار والسيول والسدود
- التشجير: التحديات والحلول
- التصحر والجفاف

الجزء الرابع يتكون من ستة كتب يناقش ارتباط علوم الأرض بالعلوم الأخرى نووياً وطبياً، وكذلك دور الطاقة المستدامة النظيفة اقتصادياً وبيئياً:

- مستقبل الطاقة في عالمنا
- الجيوفزياء النووية
- الطاقة الحرارية الأرضية
- الجيولوجيا الطبية
- هل إنتهى عصر النفط؟
- دليل كتابة الرسائل الجامعية والنشر العلمي

أما **الجزء الخامس** يتألف من ستة كتب متخصصة في العلوم الجيولوجية مكونة من 2020 سؤال وجواب لمساعدة طلاب الجامعات والباحثين وتهيئتهم للاختبارات الشاملة والتأهيلية للدراسات العليا ومزاولة المهنة:

321	سؤال وجواب في تطور الأرض
358	سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء والاستشعار عن بُعد والـ GIS
358	سؤال وجواب في الثروات الطبيعية
380	سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية
303	سؤال وجواب في علم الزلازل والزلزالية الهندسية
300	سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية

المؤلـــــــــف



مقدمة

لقد غيرت الثورة الصناعية التنظيم الأساسي للمجتمعات البشرية. حيث طغت المدن الصناعية الحديثة على المجتمعات الزراعية. وحدثت ثورة في النقل والصناعة والزراعة والاتصالات والترفيه والخدمات وتقريباً في كل جانب من جوانب الحياة اليومية من خلال تسخير الوقود الأحفوري. في الوقت الحالي، يعتمد العيش بأسلوب حياة حديث نموذجي على احتراق الهيدروكربونات في الوقود الأحفوري أكثر من أي وقت مضى في تاريخ البشرية.

يعتبر النفط الوقود الأحفوري ذا الأهمية الخاصة للمجتمع الحديث. اعتماد البشرية على إمدادات النفط الموثوقة والتي يمكن الحصول عليها بسهولة يضع نمط الحياة الحديث موضعاً محفوفاً بالمخاطر.

- هل سيكون مصدر الطاقة هذا متاحاً دائماً بسهولة؟
- في أي نقطة سيبلغ الإنتاج العالمي لهذا المورد ذروته ثم يبدأ بعد ذلك بانخفاضٍ لا رجعة فيه؟
- ماذا ستكون عواقب ارتفاع إنتاج النفط العالمي؟
- مع استمرار ارتفاع الطلب على النفط بلا هوادة، كيف ستتأقلم المجتمعات الحديثة إذا كان العرض غير قادر على تلبية الطلب؟



ما هي السياسات المحتملة لمعالجة هذه القضايا؟

هذه أسئلة صعبة بدون إجابات سهلة. ومع ذلك، فإن الآثار المترتبة على مثل هذه الأسئلة بالنسبة لتنظيم المجتمع الحديث عميقة وتستحق معالجتها بطريقة يسهل نقلها إلى جمهور عريض.

هناك تقديرات متفاوتة حول موعد حدوث ذروة عالمية في إنتاج النفط وستناقش هذه التقديرات المختلفة. ستشمل المنهجية ذروة هوبرت، التي سميت على اسم الجيوفيزيائي الدكتور إم كينغ هوبرت. تنبأ الراحل الدكتور هوبرت بدقة بذروة إنتاج النفط في الولايات المتحدة وصارت نظريته مرجعية في تشكيل منحنيات إنتاج النفط.

نظراً لأن المجتمع الحديث يعتمد بشدة على النفط، فقد تكون هناك عواقب وخيمة مرتبطة بذروة النفط إذا لم تعالج في الوقت المناسب. قد يكون لندرة النفط تداعيات كبيرة على الأسعار العالمية ووسائل النقل الحديثة والشؤون الدولية.

قليل من الأفراد سيكونون محميين من آثار ندرة النفط. على المستوى الدولي، قد تتبنى البلدان سياسات خارجية أكثر عدوانية بسبب الأهمية المتزايدة للموارد التي ستتمتع بها في مخاوف الأمن القومي.

ولكن هل ستعالج ذروة النفط بشكل مناسب من قبل أسواق النفط والصناعة الخاصة؟ أم أن الحكومات سيكون لها دور تؤديه في إدارة انخفاض لا رجعة فيه في المعروض من النفط؟ قد لا ينتج عن ذروة النفط سيناريو «كئيب» إذا جرى اتخاذ خطوات استباقية مناسبة. تتوفر خيارات السياسة حالياً التي يمكن



للحكومات تنفيذها للتخفيف من آثار ذروة النفط، وستحدد هذه الإجراءات بإيجاز في فقرات هذا العمل.

ذروة النفط هي ظاهرة لم تحظ باهتمام كبير مع أن العواقب المحتملة لوصولها المبكر قد تكون كبيرة. بما أنّ ذروة النفط تتحدى الوضع الراهن، تعرض مؤيدو ذروة النفط لرد فعل عنيف مؤسف من قبل أصحاب المصالح الراسخة.

في الواقع كلما كان هناك فهم أفضل للأفراد وصانعي السياسات لذروة النفط، زادت احتمالية اتخاذ القرارات المناسبة استعداداً للنهاية الأخيرة لعصر النفط.

لقد عززت جهود بعض الباحثين أمثال كولين كامبل وجان لاريير الطريقة التي نفهم بها الموارد الطبيعية، ولا سيما النفط والغاز الطبيعي. لقد عملوا لأكثر من 15 عامًا لزيادة الوعي حول آثار قيود الموارد على إنتاج النفط والغاز على المستوى العالمي.

مع أنهما ليسا المحللين الأوائل الذين يدرسان بيانات النفط ويتنبآن بانخفاض إنتاج النفط العالمي، فإن عملهما، وخاصة مقال عام 1998 بعنوان «نهاية النفط الرخيص»، يمثل معلمًا مهماً في الجدل طويل الأمد حول الموارد المتوفرة. حيث تبرز النتائج المعروضة في المقالة عن العديد من الأعمال الأخرى نظرًا لتحليلها الشامل والدقيق. مع خبرة دولية مدمجة لما يقرب من 70 عامًا داخل صناعة النفط، بالإضافة إلى خبرتهما كمستشارين خارجيين بعد التقاعد، حصل كامبل ولاهيرير على ثقة المجتمع المتنامي من المحللين والعلماء والناشطين الذين قاموا بتجميع جمعية دراسة ذروة النفط (ASPO) ، شبكة دولية من المهنيين من خلفيات مختلفة مهتمين باستنفاد ثروات العالم من النفط والغاز وآثارها المحتملة.

ليس كامبل ولاهيرير سياسيين أو رجال أعمال أو علماء، ومع ذلك كان لأفكارهما وتحليلاتهما تأثير كبير في موضوعات الطاقة واستراتيجية الأعمال والقضايا الجيوسياسية وسيبقى كذلك. مع أهميته، فإن «نهاية النفط الرخيص» ليست سوى قطعة واحدة في الإنتاج الفكري الهائل لكلا المؤلفين. لقد كانا مهتمين بهذا الموضوع لفترة طويلة، لذلك كان من الصعب جداً اختيار ما يجب تضمينه وما يجب تركه من كتاب مثل هذا. كتب كولين كامبل كتابين وأكثر من 150 ورقة علمية حول صناعة النفط، حيث قدم وجهات نظره حول دلالة النفط للحضارة الحديثة.

أنتج جان لاريير أيضاً عدة عشرات من المقالات والعروض التقديمية، حيث قام بجمع وتصحيح ورسم جميع البيانات التي يمكنه الحصول عليها عن الطاقة والوقود الأحفوري والموارد المعدنية الأخرى. قدم نتائجه في العديد من المؤتمرات والندوات. جرى استخدام الرسوم البيانية الخاصة به من قبل وكالة الطاقة الدولية ومجلس الطاقة العالمي.

مجتمعة، ينتج عن هذا المزيج من المهارات مجموعة من المعرفة تستحق المناقشة والإثراء مع وجهات النظر الأخرى. لذلك، نعتقد أنه من الضروري مناقشة عملهما. نوصي القارئ المهتم بالحصول على أعماله الأصلية، والتي يمكن العثور على العديد منها عبر الإنترنت.

سنتعرف في هذا العمل على التكوين الجيولوجي للنفط والغاز الطبيعي، وهي عملية تضمنت سلسلة من الظروف المحددة وغير المنتظمة في تاريخ كوكبنا. صار هذا الوقود الأحفوري، بسبب خصائصه الفيزيائية الفريدة، مصدر



الطاقة الرئيسية للصناعة، في تقليب العلاقات الاجتماعية التي تكشفت على نمط الإنتاج الصناعي.

أيضاً سنتناول التقنيات المستخدمة لاستخرج النفط مثل التكسير الهيدروليكي، والنفط الصخري وتقنياته الحديثة، وتاريخ نشوء عصر النفط، ودول الخليج العربي السبع المنتجة للنفط، وسنستفيض في تناول مفهوم (ذروة عصر النفط)، والتحديات التي تواجه الطاقة الأحفورية، وأهمية بدائل الطاقة المستدامة، وكيف يتكون نهاية عصر النفط وتداعياته على البشرية، وكيف يمكننا تخفيض استخدامات النفط.



ما هــو النفــط؟

لايمكن للحضارة الحديثة أن تفكر في يوم بدون البترول والبتروكيماويات. الوقود البترولي، مثل البنزين والديزل، هو الوقود الرئيسي لجميع مركبات النقل.

لقد صارت السلع المصنعة من البتروكيماويات، مثل البلاستيك والمطاط والألياف الصناعية المشتقة من البترول، جزءاً لا يتجزأ من حياتنا اليومية.

سيؤدي غياب البترول إلى إنهاء حضارتنا الحديثة ما لم تتوافر الوسائل البديلة. وسيكون النفط الخام المستقبلي أثقل وملوثاً بالأملاح والمعادن غير المرغوب فيها. سيكون الإنتاج والمعالجة أكثر تكلفة من أي وقت مضى. لذلك، من المحتم الاستفادة من هذا المورد الطبيعي المتضائل بشكل أكثر حكمة وكفاءة من أجل دعم حضارتنا.

النفط بمفاهيمه المختلفة البترول أو الزيت الخام أو الذهب الأسود هو سائل كثيف قابل للاحتراق وهو عبارة عن هيدروكربون، بمعنى أنه يتكون أساساً من ذرات الكربون والهيدروجين، كما يحمل في بعض الأحيان مادة الكبريت ضمن مكوناته. تتعدد ألوانه من الأخضر إلى الأسود، وكثافته من خفيف كالبنزين إلى ثقيل كالقطران وذلك حسب مكانٍ وجوده. غالباً ما يجتمع الغاز الطبيعي (غاز الميثان) والنفط في نفس الحقل، حيث يتكون في نفس الظروف التي يتشكل فيها النفط غير أنّ الاختلاف يكمن في اختلاف درجة حرارة التشكل. يعد النفط مصدرا غير متجدّدٍ للطاقة، ويُصنَّف إلى جانب الفحم ضمن الوقود الأحفوري لكونه تشكل في عصورٍ جيولوجيةٍ سالفة خلال الترسب الجيولوجي الذي استغرق ملايين السنين. المصدر الأساسي لتشكل النفط هو المادة العضوية المتكونة من بقايا حيوانية ونباتية ميتة، عامة ما تكون بحرية، حُفظت في ظروفٍ خاصة،



حيث تُدفن المادة العضوية تحت آلاف الأمتار من الطبقات الرسوبية من الطمي والرمل أو الطين. تحدث هجرته ثم تراكمه بعد تشكله، ويتطلب ذلك توفر عناصر تسمى عناصر النظام البترولي.

وبمعنى آخر فإن البترول Petroleum عبارة عن كتلة أحفورية تراكمت تحت سطح الأرض منذ زمن بعيد. يُعرف البترول الخام بأنه خليط من مواد عضوية مختلفة وهو مصدر الهيدروكربونات، مثل الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان، والبنتان، ومختلف الهيدروكربونات البرافينية والنفثينية والعطرية، وهي اللبنات الأساسية للصناعة العضوية اليوم. تُشتق المنتجات البترولية المختلفة، مثل الوقود الغازي والسائل وزيوت التشحيم والمذيبات والأسفلت والشموع وفحم الكوك، من تكرير النفط الخام.

يتم تصنيع العديد من الهيدروكربونات الخفيفة والمواد الكيميائية العضوية الأخرى عن طريق المعالجات الحرارية والتحفيزية لهذه الهيدروكربونات. تنقسم صناعة معالجة الهيدروكربونات أساسًا إلى ثلاثة أنشطة متميزة - إنتاج البترول وتكرير البترول وتصنيع البتروكيماويات.





تنتج مصافي النفط غاز الطهي (غاز البترول المسال)، وروح المحرك (المعروفة أيضاً باسم البنزين أو البنزين)، والنفثا، والكيروسين، ووقود توربينات الطيران (ATF)، والديزل عالي السرعة (HSD)، وزيوت التشحيم الأساسية، والشمع، وفحم الكوك، والبيتومين (أو الأسفلت)، وما إلى ذلك، والتي تكون في الغالب خليطاً من الهيدروكربونات المختلفة (المركبات العضوية المكونة من الكربون والهيدروجين كعناصر رئيسية مكونة).

في مصنع بتروكيماويات (حيث ينتج واحد أو أكثر من المواد البتروكيماوية) أو في مجمع بتروكيماوي (حيث تنتج العديد من المنتجات البتروكيماوية)، وتنتج الهيدروكربونات النقية أو المواد الكيميائية العضوية الأخرى مع رقم ونوع محدد من العناصر المكونة أو المركب من المنتجات الموجودة في المصافي.



وهكذا، يجري اشتقاق البتروكيماويات من المنتجات البترولية التي يحصل عليها من المصافي. المنتجات من مجمع البتروكيماويات هي البلاستيك والمطاط والألياف الاصطناعية والمواد الخام للصابون والمنظفات والكحول والدهانات والمستحضرات الصيدلانية، إلخ.

نظراً لأن البترول هو خليط من مئات الآلاف من المركبات الهيدروكربونية، فهناك إمكانية لتخليق العديد من المركبات الجديدة. في الواقع، نظرًا لتقدم التكنولوجيا الجديدة، يخترع بتروكيماويات جديدة وستستمر إضافتها إلى هذه الصناعة في المستقبل القريب.

ومن ثم، لا تزال صناعة البتروكيماويات صناعة متنامية. كان تصنيع البتروكيماويات القيمة من المنتجات البترولية منخفضة القيمة هو الخيار الجذاب الرئيسي لصناعة التكرير التي تستثمر في صناعة البتروكيماويات. ومن ثم، فإن المصافي الحديثة هي، في الواقع، مصفاة مع مجمعات بتروكيماوية.

• معايير تشكل النفط

النفط هو مورد محدود تشكل على مدى ملايين السنين بمصادفة جيولوجية. وحتى يتطور النفط إلى شكل قابل للاستخراج، يجب استيفاء سبعة معايير. إذا لم يجر استيفاء أحد هذه المعايير فقط، فلن يعثر على نفط قابل للاستخراج. هذه المعايير محددة جداً واحتمالات تحقيقها جميعاً صغيرة جداً.

1. تُحفظ الرواسب الغنية بالمواد العضوية في أعماق قاع البحر القديم. يمكن أن تحدث هذه العملية عن طريق موت الكائنات الحية على السطح، واستقرارها

في القاع، وأنماط دوران المحيط التي تحافظ على العناصر الغذائية قبل أن تتمكن البكتيريا من تفكيكها. تشكل الصخور الرسوبية الغنية بالمواد العضوية اللازمة لتكوين النفط أقل من 1 % من جميع الصخور الرسوبية، وهو سبب رئيسي لعدم وفرة النفط.

2. على مدى ملايين السنين، يجب دفن هذه الرواسب الغنية بالمواد العضوية في صخور تحت 2 كم للوصول إلى نطاق درجة الحرارة المطلوب نحو 79 درجة مئوية. يجري تقسيم الجزيئات العضوية الكبيرة عند درجة الحرارة والضغط هذه إلى ما بين خمس ذرات وعشرين ذرة كربون، ومن ثم تشكل النفط الخام.

3. لا يمكن دفن الرواسب والنفط أكثر من 5 كم. علاوة على هذا العمق، تنقسم الجزيئات العضوية إلى ذرة كربون واحدة وتصير ميثاناً نقياً تقريباً. ومن ثم فإن «نافذة النفط» تتراوح ما بين 2 و 5 كم.

4. نظراً لأن النفط لا يذوب في الماء وهو أقل كثافة من الماء، فسوف ينتقل بشكل طبيعي إلى السطح. تشير التقديرات إلى أن 90 % من النفط يتسرب إلى السطح. لذلك فإن نسبة 10 % المتبقية من النفط محصورة تحت الأرض بأشياء مثل الشعاب الأحفورية أو العدسات الرملية أو القباب أو حتى مواقع آثار النيازك.

5. صخور الخزان، على سبيل المثال يجب أن يكون الحجر الرملي أو الحجر الجيري أو الدولوميت موجودةً لاحتواء النفط. لا توجد كهوف كبيرة مفتوحة في نافذة النفط، ومن ثم يجب الاحتفاظ بالنفط في الصخور المسامية.



6. يجب أن تظهر هذه الصخور المسامية نفاذية، أي يجب أن تكون متصلة ببعضها بعضاً، حتى يتمكن النفط من التدفق بسهولة منها.

7. وجود مانع للتسرب يعرف باسم صخرة الغطاء، على سبيل المثال يجب أن يكون الملح أو الأنهيدريت قد تشكل كحاجز بين السطح وخزان النفط. حتى تسرب صغير مثل قطرة واحدة في الثانية يمكن أن يستنزف بليون برميل نفط خلال 100 مليون سنة. نظراً لأن عدداً من حقول النفط أقدم من هذا الإطار الزمني، فإن التسرب الضئيل يمكن أن يستنزف حتى أكبر حقول النفط المحتملة.

• تطور ظهور الوقود الأحفوري

وسط التعقيدات الجيولوجية والبيولوجية الهائلة للعملية الجيولوجية التي حدثت على مدى الأربعة بلايين سنة الماضية، أدت سلسلة من الأحداث النادرة جداً، شبه التافهة (من منظور العمليات الجيولوجية الأكبر التي كانت تحدث) إلى تكوين النفط والغاز (والفحم) اللذان يمثلان أهمية كبيرة لنا وقد شكلا الكثير من ثروتنا الحالية.

يبدو أنه في تاريخ الأرض بكامله كانت هناك فترات وجيزة قليلة فقط جرى فيها تكوين كمية كبيرة من النفط، مما يشير إلى أن تكوينه استلزم شروطاً محددة جداً. وفقاً للبيانات الحالية، تم توليد نحو 90 % من احتياطيات النفط والغاز القابلة للاستخراج خلال **ست فترات:**

1. السليوري (9 % من احتياطيات العالم، قبل 440 – 410 مليون سنة).






2. الديفوني الأعلى - تورنايزي (8 %، قبل 375 - 350 مليون سنة).

3. بنسلفانيا - بيرميان السفلى (8 %، 320 - 290 مليون سنة مضت).

4. العصر الجوراسي العلوي (25 %، قبل 170 - 145 مليون سنة).

5. العصر الطباشيري الأوسط (29%، قبل 90 - 120 مليون سنة).

6. أوليجوسين - ميوسين (12.5 %، قبل 5 - 36 مليون سنة).

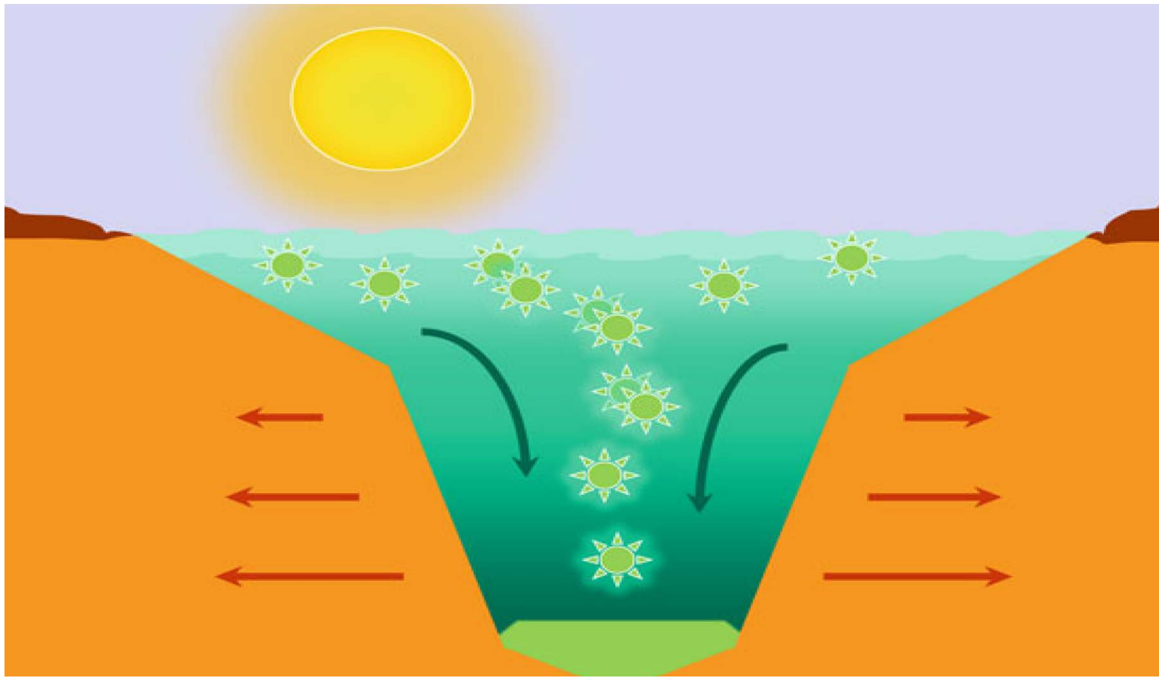
وفقًا لهذه الأرقام، يمثل تكوين النفط أقل من 10 % من تاريخ الكوكب. يتم تحديث هذه المعلومات باستمرار وهذه الأرقام بعيدة كل البعد عن كونها نهائية، لكنها تعطينا فكرة جيدة عن المشكلة. لماذا كانت الأوقات التي تشكل فيها النفط بكميات كبيرة نادرة جداً؟

بادئ ذي بدء، كان من الضروري أن تكون فترة دافئة جداً في تاريخ مناخ الأرض. كان هذا ضرورياً للحصول على ظروف مواتية جداً لتكاثر النباتات المائية أو البحرية الصغيرة (العوالق النباتية) - التي يتكون منها النفط - وحتى لا تختلط المسطحات المائية من أعلى إلى أسفل.

ثانياً، كان لابد من حدوث ذلك خلال فترة زمنية كانت هناك تحركات مهمة لصفائح الأرض بحيث تشكلت بحيرات عميقة جداً (أو مناطق ساحلية). يمكننا أن نرى ظروفاً مماثلة تحدث اليوم في البحيرات المتصدعة في شرق إفريقيا، حيث يتحرك ساحل القارة شرقاً، تاركاً وراءه سلسلة من البحيرات الرائعة والعميقة جداً. ونظراً لوجود هذه البحيرات في المناطق المدارية، فإن سطح الماء دافئ جداً، مما يساعد على نمو الطحالب ويضمن عدم إمكانية خلط القيعان الباردة مع السطح. نظراً لعدم وجود اختلاط في القاع، لا يوجد انتقال



للأكسجين من الغلاف الجوي (لا يحوي قاع هذه البحيرات على أكسجين). قد تكون حدثت ظروف مماثلة خلال فترات الاحتباس الحراري. وهذا يعني أن أي طحالب تغرق لن تتحول إلى ثاني أكسيد الكربون بل ستتعرض للهجوم من قبل البكتيريا اللاهوائية وتتراكم كحطام عضوي على مدى آلاف أو ملايين السنين.

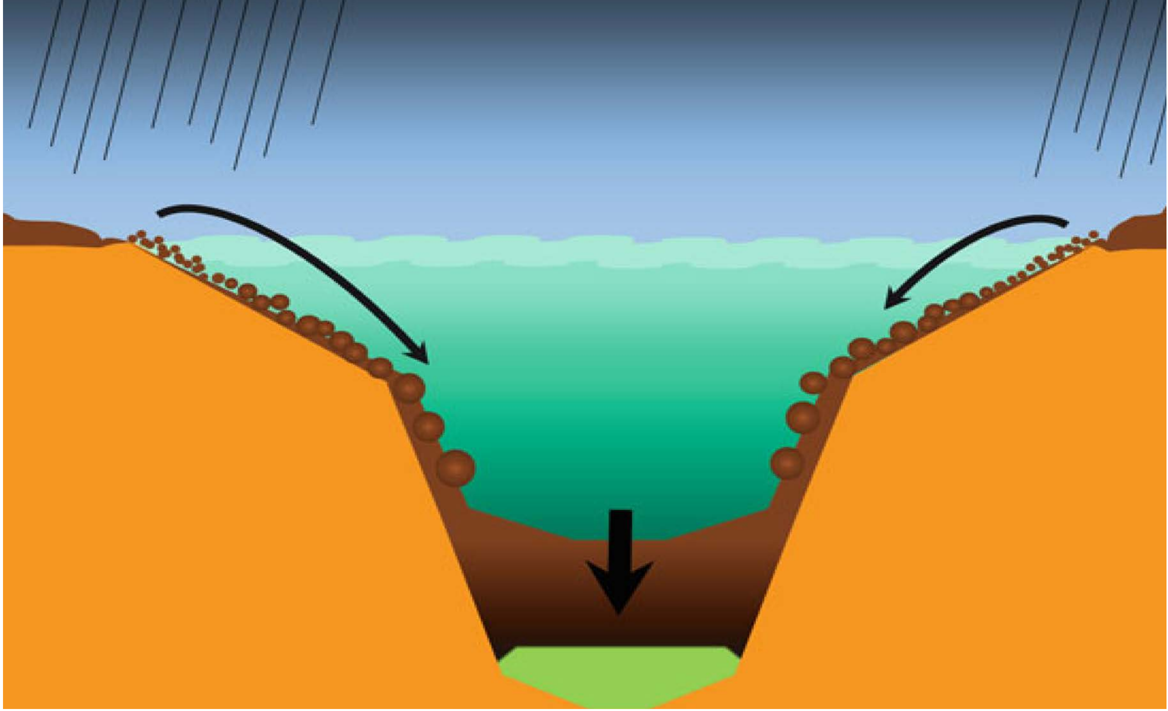


العملية الأولية في تكوين مكامن النفط والغاز. زيادة التمثيل الضوئي في البيئات المائية غير المختلطة، ويرجع ذلك على الأرجح إلى الاحتباس الحراري، خلال فترة تكوين البحيرات العميقة أو المناطق الساحلية، يليها ترسب الطحالب في بيئة نقص الأكسجين.

هذه بداية تكوين النفط، لكن هناك اعتبارات أخرى. من الضروري أن يكون لديك مناخ ممطر - نتيجة لتغير المناخ على الأرجح - بحيث تجلب الأنهار كميات هائلة من الطمي والرمل، وتغطي المواد العضوية في القاع بالرواسب



لملايين السنين الإضافية. ينتج عن هذا طبقات ثقيلة من الرواسب والصخور التي تغطي النفط وتضمن أن المواد العضوية سوف يجري طهيها مع الضغط لمدة 100 مليون سنة أو نحو ذلك. والنتيجة هي أن الجزيئات المعقدة الطويلة من المادة العضوية «تتمزق» إلى جزيئات أقصر.

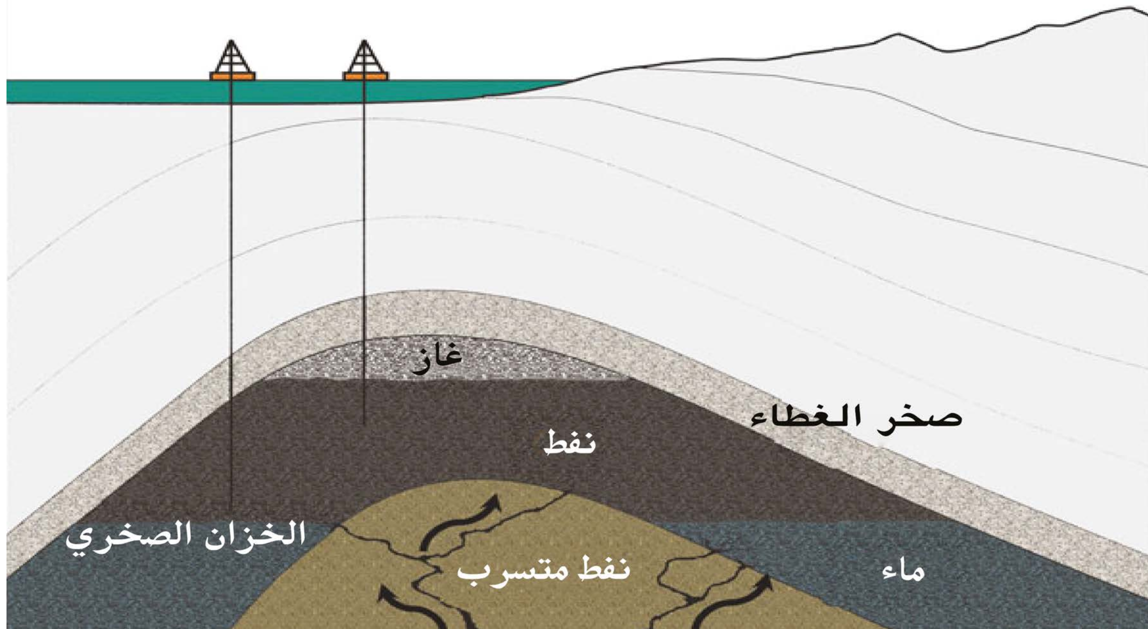


يؤدي ترسب الرواسب الجيولوجية إلى زيادة الضغط ودرجة الحرارة، مما يوفر الظروف اللازمة لتحلل المواد العضوية وتحويلها إلى معادن هيدروكربونية (صخور المصدر).

من الواضح أن هذه الظروف لم تحدث كثيراً، ولكن لا يزال هناك اعتبار مهم آخر. نظراً لأن النفط والغاز أخف بكثير من الرواسب التي تغطيهما، فإنها تميل إلى الهجرة إلى أعلى من «صخور المصدر» من خلال الرواسب المسامية. فقط عندما تواجه صخور الغطاء غير منفذة، مثل أنواع خاصة من الحجر الرملي أو الملح، حيث يجري التقاطها بوساطة تراكيب صائدة، مما يشكل الخزانات التي يمكننا استغلالها.



ومن ثم، فإن هذه الأحداث النادرة والخاصة التي حدثت منذ ملايين السنين ضرورية للحياة الصناعية الحديثة كما نعرفها، ومع ذلك كانت نادرة جيولوجياً لدرجة أنها لم تحدث تقريباً! هذا هو السبب في أن النفط نادر نسبياً اليوم ولماذا لا يمكننا توقع العثور على المزيد!



الهيدروكربونات الناتجة أخف من الماء وتميل إلى الهجرة لأعلى من خلال الشقوق والمسام في الرواسب السفلية حتى تجد صخوراً غير منفذة (صخور الغطاء) التي تمنعها من الهروب إلى السطح. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تكون الطبقة التي تضم الهيدروكربونات ذات مسامية كافية للسماح بحركتها «الحرة» (صخور الخزان)؛ وإلا فإن الاستخراج سيتطلب حقن الغاز عند ضغوط عالية جداً، ليصير مكلفاً أو غير مناسب.



• نشــــأة البتـــــرول

هناك ثلاث نظريات تفسر أصل ونشأة البترول هما: النظرية البيولوجية أو العضوية والنظرية الكيميائية والنظرية المعدنية.

النظرية البيولوجية أو العضوية

تقرر النظرية الخاصة بالأصل البيولوجي أو العضوي أن البترول قد تكون من بقايا بعض الكائنات الحية الحيوانية والنباتية، وبخاصة الأحياء البحرية الدقيقة، التي تجمعت مع بقايا كائنات أخرى بعد موتها في قيعان البحار والمحيطات، واختلطت بالرمال وبالرواسب الأخرى، وتزايد سمكها وتعرضت لضغوط هائلة وارتفعت حرارتها إلى درجات عالية جداً بفعل تحركات القشرة الأرضية وتأثير حرارة باطن الأرض، فتحولت إلى طبقات من الصخور الرسوبية تسمى بصخور المصدر، والتي في ثناياها تحولت البقايا العضوية الغنية بالكربون والهيدروجين إلى مواد هيدروكربونية، تكون منها زيت البترول والغاز الطبيعي بفعل عوامل الضغط والحرارة والنشاط البكتيري الذي قام بدور مهم في انتزاع الأكسجين والكبريت والنيتروجين من المركبات العضوية بخلايا الكائنات الحية. وتعتبر نظرية النشأة العضوية للبترول هي الأكثر قبولا بين العلماء المعاصرين لأسباب عديدة، أولها اكتشاف الغالبية العظمى من حقول البترول في الصخور الرسوبية، وبالقرب من شواطئ البحار، أو في قيعانها مثل الخليج العربي وخليج السويس وبحر الشمال. أما البترول الموجود في بعض الصخور النارية أو المتحولة فإن مصدره هو الهجرة من صخور رسوبية مجاورة. ثانيها أن الزيت المستخرج من باطن الأرض يحتوي عادة على بعض المركبات العضوية التي يدخل في تركيبها النيتروجين والفوسفور والكبريت، وهي عناصر لا توجد في كبريتيدات الفلزات



بل توجد في خلايا الكائنات الحية فقط، سواء كانت حيوانية أم نباتية. وثالثها تميز البترول بخاصية النشاط الضوئي التي تكاد تنفرد بها المواد العضوية. ولما كانت المواد العضوية المترسبة هي المصدر الأساسي الذي نشأ منه البترول، فإن صفاته الطبيعية وخصائصه الكيميائية تختلف باختلاف طبيعة الكائنات الحية، ومكونات الصخور الرسوبية الحاوية له.

النظرية المعدنية

صاحب هذه الفرضية هو العالم الروسي ماندليف الذي أشار إلى ان البترول تكوّن نتيجة لتعرض بعض رواسب كبريتيدات الفلزات الموجودة في باطن الأرض لبخار الماء، ذلك لأن كربيد الكالسيوم يتفاعل مع الماء مكونا الهيدروكربون غير المشبع «الأسيتلين». وما جعل هذه النظرية غير مقبولة هو أن الندرة الشديدة لرواسب الكبريتيدات يصعب معها تصور أنها كانت موجودة بكميات هائلة وكافية لتكوين ما استخرج فعلا من زيت البترول وما لا يزال موجوداً في باطن الأرض. وجيولوجيا فمثل هذه الكبريتيدات إن وجدت فلابد أن تكون في ثنايا الصخور البركانية بدليل خروج غازات هيدروكربونية من فوهات البراكين، بينما لا يوجد البترول إلا في طبقات الصخور الرسوبية.

النظرية الكيميائية

تفترض النظرية الكيميائية أن بعض الهيدروكربونات قد تكونت في الزمن القديم باتحاد الهيدروجين بالكربون، ثم انتشرت في باطن الأرض، واختزنت فيها، وتحولت إلى زيت البترول، الذي بدأ يتسرب إلى سطح الأرض عن طريق بعض الشقوق والصدوع في القشرة الأرضية، أو عن طريق حفر آبار الاستكشاف أو المياه، وظهرت الهيدروكربونات على هيئة غازات طبيعية وبترول، أو بقيت في



بعض الطبقات المسامية. وما يدعم هذه النظرية هو وجود احتياطيات هائلة من البترول في مناطق صغيرة جداً في مساحتها كالخليج العربي، والذي يحتوي على ثلثي الاحتياطي المؤكد للبترول العالمي، ولا يعقل أن تكون هذه المساحة مكان تجمع بالغ الضخامة من بقايا الكائنات الحية. هذه النظرية تعني أن هناك احتمالات كبيرة للغاز الطبيعي والبترول في أماكن كثيرة من الأرض، وأن باطن الأرض يحتوي على مصدر لا ينضب من الهيدروكربونات المكونة للبترول. ويثق بعض العلماء من الولايات المتحدة والسويد وروسيا بصدق هذه النظرية، إذ جرى الحفر على أعماق تناهز خمسة آلاف متر أو أكثر، بل إن عمق بعض الآبار الاستكشافية في روسيا وصل إلى 15كم في الدروع الجرانيتية لشبه جزيرة «كولا» شمال الدائرة القطبية.

• مكونات البترول وأماكن تواجده

تقع المصادر الرئيسية للبترول الخام في منطقة الشرق الأوسط (السعودية والعراق والكويت والبحرين وعمان وإيران) وفى أمريكا الشمالية (ولايات بنسلفانيا وكاليفورنيا وتكساس وكندا) وفي الاتحاد السوفيتي (القوقاز وباكو) وفي أمريكا الجنوبية (فنزويلا والأرجنتين وكولومبيا) وفي أفريقيا (ليبيا والجزائر ونيجيريا) واندونيسيا وهنالك بعض الدول الأخرى ولكن كميات الإنتاج فيها قليلة. يختلف تركيب البترول الخام حسب مناطق الإنتاج فالبترول الأمريكي يتكون بشكل رئيسي من الهيدروكربونات ذات السلسلة المستقيمة بينما يتكون البترول الروسي من المركبات الحلقية ذات الصيغة C_nH_{2n} (النافثينات) وأهمها البنتان الحلقي والهكسان الحلقى ومشتقاتهما. أما بقية أنواع البترول فإنها تحتوي على كلا من النوعين الألكانات المشبعة الاعتيادية والحلقية. ويحتوي البترول كذلك على كميات قليلة (0.1 - 3 %) من المركبات الأوكسيجينية (الحوامض النافثينية) والتى



تتميز على أنها مشتقات البنتان الحلقي ومن المركبات النيتروجينية والكبريتية (مشتقات البيريدين والكوينولين والمركبتان والكبريتيدات والثايوفين وغيرها)، أما البترول الموجود في بورنيو (أندونسيا) فإنه يحتوى على كميات كبيرة من الهيدروكربونات الأروماتية.

المكونات الكيميائية للبترول الخام وأهميتها

يتم فصل المكونات الكيميائية للبترول الخام بواسطة التقطير التجزيئي إلى أربع أجزاء رئيسية هما:

1. **البترول (الجازولين) في حرارة 200 - 40 م°**
2. **زيت البارافين (الكيروسين) في حرارة 250 – 40 م°**
3. **زيت الغاز (زيت الديزل ، زيت الوقود، الزيت الثقيل) في حرارة 300 – 250 م°**
4. **زيوت التشحيم، الشحوم، المشع البارافيني والجازولين أكثر من 300 م°**

أما ما يترسب بعد ذلك فهي منتجات أسفلتية

عند إجراء تقطير جزيئي بكفاءة عالية لأجزاء البترول والتي تحتوي على نظائر الهيدروكربونات المشبعة المتضمنة من C_5 - C_{10} فأن النواتج تكون:

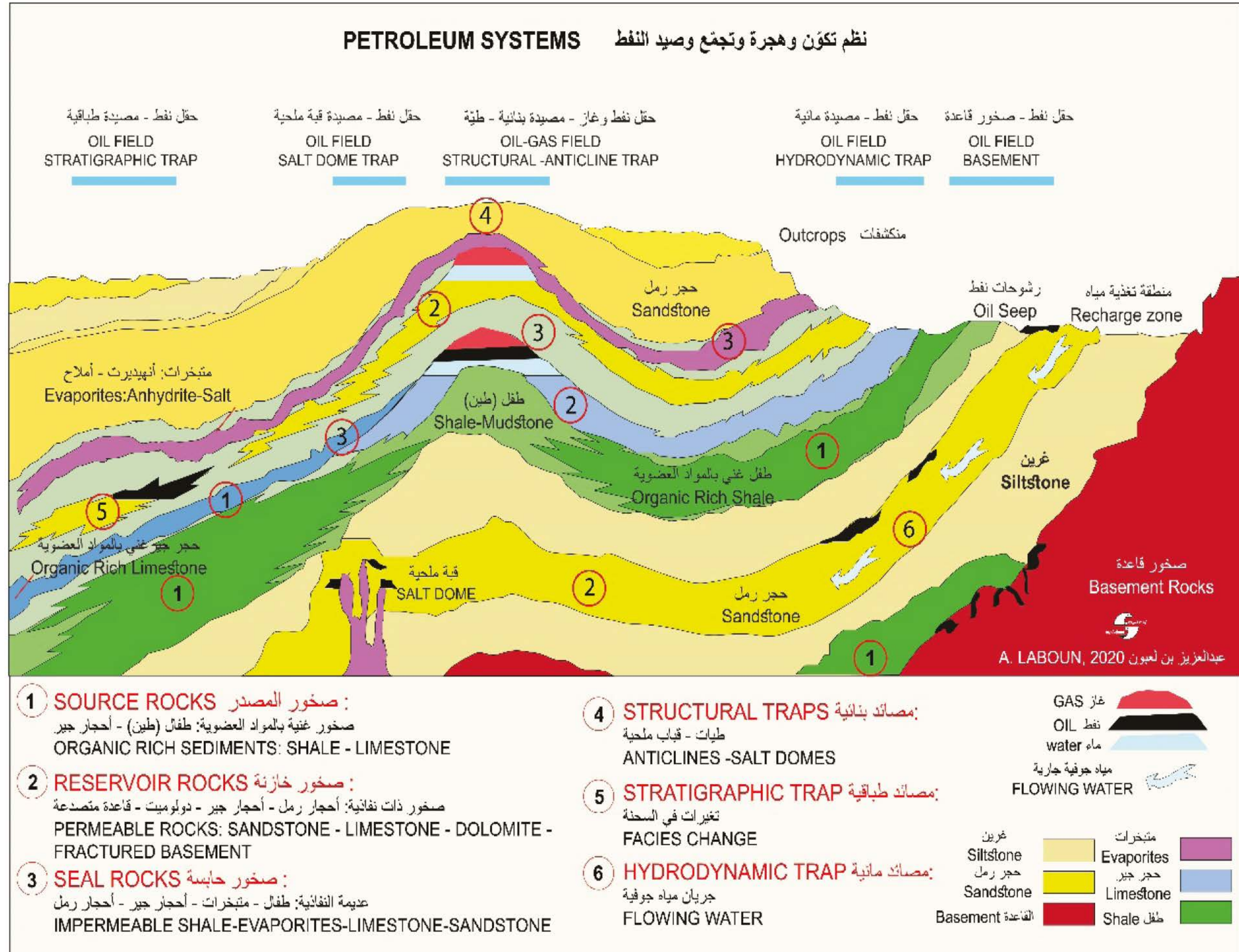
- **إيثر بترولي 70 – 40 م°**
- **بترول خفيف 90 – 70 م°**
- **ليكروين 120 – 90 م°**
- **بترول ثقيل 200 – 120 م°**



من الجدير بالذكر أن فصل النظائر للهيدروكربونات الحاوية على C_6 فما فوق يكون صعباً وذلك لكثرة أعداد هذه المركبات وتقارب درجة غليانها أما مكونات الجازولين فإنها تستخدم كمذيبات وعوامل استخلاص للزيوت والشحوم والاصماغ إضافة إلى استخدامها كوقود للسيارات والطائرات بينما تستخدم مكونات الكيروسين $(C_{16} - C_6)$ كمصدر للإضاءة والتدفئة. يستخدم زيت الغاز الذي يحتوي على هيدروكربونات من $(C_{18} - C_{12})$ في محركات الديزل وكمصدر للحرارة، أما الجزء الصلب من البترول فأنه يقطر في درجات قليلة للحصول على الهيدروكربونات ثم يعرض للتقطير تحت الضغط المختزل للحصول على مزيتات ذو جودة عالية (زيوت المحركات والفازلين) الحاوية على $(C_{22} - C_{16})$ وهذه الزيوت تكون مضادة للأكسدة وذات ثبات عال تجاه الحرارة العالية والتآكل. يتم الحصول على شمع البارافين ذو الأهمية الصناعية بواسطة البلورة من جزء المزيتات ويكون حاوياً على هيدروكربونات مشبعة تتضمن من $C_{40} - C_{20}$ وذات درجات انصهار تتراوح بين 45 – 60 م^o، وتنحصر استخداماتها كبادئة لتفاعلات الأكسدة للهيدروكربونات وفي صناعة الشموع وأعواد الثقاب وفي المواد العازلة. مع تطور المحركات والآلات فقد ازدادت الحاجة إلى الوقود بشكل كبير وخاصة وقود السيارات والطائرات، الأمر الذي تطلب بحوثاً مستمرة لاكتشاف واعتماد طرق جديدة لتحويل الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئي العالي إلى مركبات ذات جزيئات صغيرة وبديلة للوقود (التكسير الحراري) ولاصطناع البترول من الفحم.

• النظــــام البترولــــي

يشمل النظام البترولي كل العناصر والعمليات الجيولوجية الأساسية لعملية توليد وانتاج النفط كما هو موضح ادناه. تشمل هذه العناصر التالي:



عناصر النظام البترولى

• صخـــور المصـــــدر

تسـمح عمليـة الترسـب مـن دفـن المـواد العضويـة الناتجـة مـن مـوت الكائنـات الحيـة المختلفـة النباتيـة والحيوانيـة وحفظهـا وحجزهـا بعيـداً عـن الأكسـجين،



وتكون أغلبها عبارة عن طحالب وكائنات دقيقة، فتمنعها من أن تفسد، أي من أن تتأكسد. ومع مرور الزمن واستمرار الترسيب يزداد عمق المواد العضوية وبالتالي تزيد كتلة الطبقات الضاغطة من الأعلى. ويؤدي تزايد الضغط ودرجة الحرارة لملايين السنين إلى نضج المادة العضوية وتحولها إلى هيدروكربونات. وتسمي الصخور الرسوبية التي تحتوي على المادة العضوية بصخور المصدر، وغالباً ما تكون صخور طفلية أو طينية أو من أنواع معينة من الصخور الجيرية. لكي يكون الصخر مصدراً جيداً لإنتاج الهيدروكربونات، يجب أن يتميز بثلاث خصائص وهي توفر كمية كافية من المواد العضوية لا تقل عن 0.5 % من مجمل الكربون الكلي من وزن الصخر، وأن تكون قادرة على إنتاج النفط والغاز بكميات وفيرة، وأن تصل إلى مرحلة النضوج المناسبة. الخاصيتين الاولى والثانية يتحكم فيهما مكان الترسيب اما الخاصية الثالثة فتتحكم فيها التراكيب والتاريخ التكتوني للمنطقة.

ويمكن تصنيف صخور المصدر إلى:

أ. **صخور المصدر المحتملة:** هي الصخور التي تحتوي على مواد عضوية بكميات كافية لتوليد الهيدروكربونات إذا ما تعرضت للنضج الحراري الكافي.

ب. **صخور المصدر الفعالة:** هي الصخور التي تعرضت لنضج حراري مناسب واصبحت مولدة للهيدروكربونات في الوقت الحاضر.

جـ. **صخور المصدر قليلة الفعالية:** هي الصخور التي توقفت عن توليد الهيدروكربونات بسبب انخفاض درجة الحرارة بسبب التكتونية او فقد جزء كبير من المادة العضوية قبل نضوجها.



د. **صخور المصدر المستهلكة:** وهـي الصخـور التـي اسـتنفذت قدرتهـا علـى انتـاج الهيدروكربونـات لافتقارهـا للمـواد العضويـة او وصولهـا الـي مرحلـة النضـج الحـراري المتزايـد.

• صخـــور الخـــزان

صخر الخزان أو المكمن هو الصخر الذي يحتوي في تركيبها على فراغات (مسامات) أو شقوق متصلة ببعضها أو فجوات تسمح بانتقال واختزان الموائع داخلها.

وتقسم الصخور الخازنة إلى نوعين رئيسين هما:

أ. **الصخور الخازنة الفتاتية:** وتتمثـل بالحجـر الرملـي والكونجلوميـرات، حيـث يعتبـر الحجـر الرملـي أفضـل الصخـور لتجمـع البتـرول نتيجـة لاحتوائـه علـى مسـامية ونفاذيـة عاليتـين.

ب. **الصخور الخازنة الكربونية:** وتتمثـل بالحجـر الجيـري والدولوميـت، وغالبـا ماتكـون مسـامية هـذه الصخـور ثانويـة نتيجـة للإذابـة التـي تحـدث للصخـور بعـد الترسـيب.

• صخـــور الغطـــاء

وهي صخور غير منفذة تعمل على منع انتقال الموائع من خلاله وتتمثل بالمتبخرات والطفل والحجر الجيري الصلب، وتعتبر المتبخرات أفضل صخور الغطاء.

• المصائـــد البتروليـــة

المصيـدة هـي نسـق هندسـي للطبقـات الرسـوبية يسـمح للبتـرول أو الغـاز أو لكليهمـا بالتجمـع فيـه بكميـات اقتصاديـة، ويحـول دون هروبهمـا منهـا، ويتخـذ هـذا



النسق الطبقي الهندسي أشكالاً عدة، لكن تظل السمة الرئيسية للمصيدة هي وجود صخر مسامي نفاذ مغطى بصخور حابسة غير منفذة. ويعد الماء عاملاً أساسياً في توجيه البترول والغاز إلى المصيدة في أغلب الحالات، مثلما يساعد في إزاحة البترول والغاز إلى فتحات الآبار في مرحلة الإنتاج، وهكذا تكون المصيدة مكان تبادل نشط للسوائل. ويسمى الجزء المنتج من مصيدة البترول بنطاق العطاء Pay zone، ويختلف سمكه من مترين في بعض حقول ولاية تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية إلى مئات الأمتار في حقول بحر الشمال والشرق الأوسط. ومع ذلك ليس ضروريا أن تنتج كل كمية البترول في "نطاق العطاء الإجمالي"، ولذا نميز بينه وبين "العطاء الصافي" الذي يمثل السمك العمودي التراكمي للمكمن المنتج للبترول. وفي تطوير أي مكمن بترولي لابد من تحديد نسبة المنتج الصافي إلى المنتج الإجمالي في الحقل. ويمكن إنتاج البترول من خط مستوى Spill Plane حتى قرب الهامة Crest وهي أعلى نقطة في المصيدة. ومن الممكن أن تحتوي المصيدة على البترول أو الغاز أو كليهما، ويمثل سطح تماس البترول والماء Oil Water Contact-OWC أعمق مستوى لإنتاج البترول، بينما يعتبر سطح تماس الغاز والبترول Gas Oil Contact-GOC أدنى مستوى لإنتاج الغاز، ومن الضروري تحديد هذين السطحين بدقة قبل حساب احتياطي البترول والغاز الطبيعي في المكمن وتقدير معدل الإنتاج.

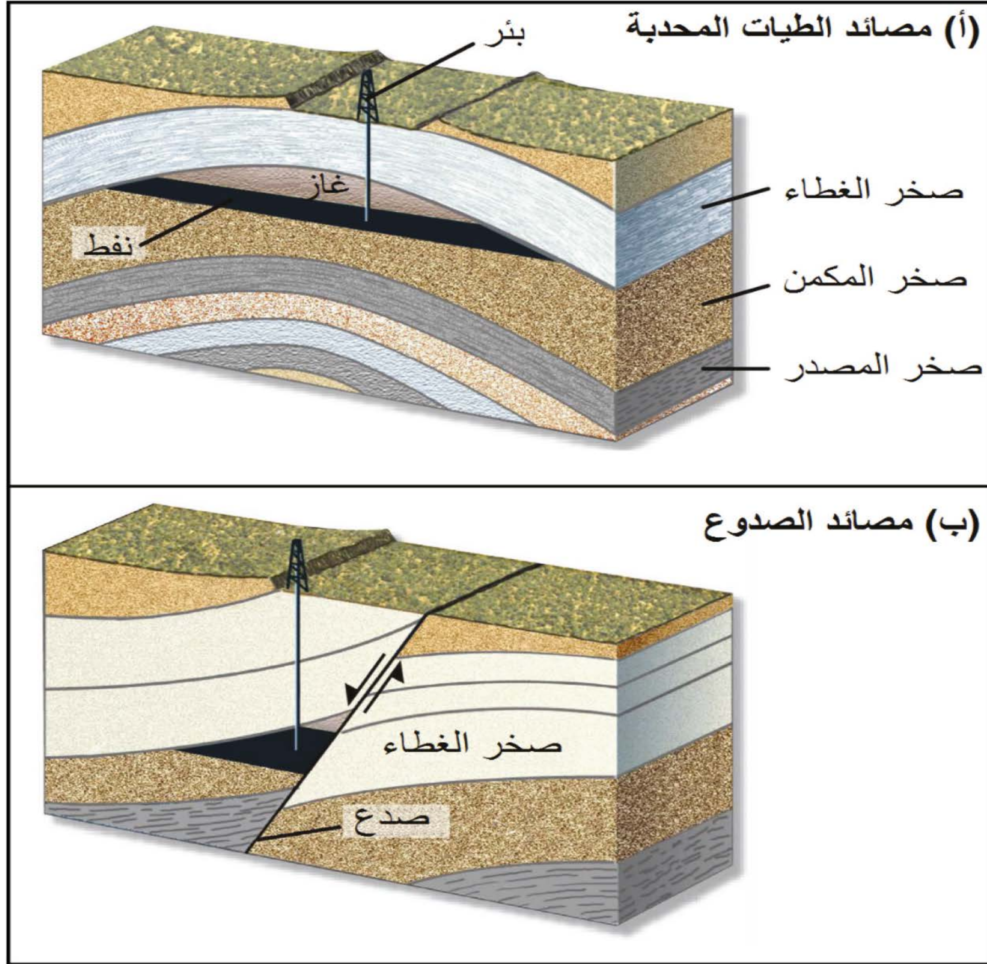


وفيما يلي تصنيف مصائد البترول ذات الجدوى الاقتصادية والذي قدمه العالم سيلي عام 1985.

1. المصائد التركيبية

هي مصائد تنشأ بفعل الحركات التكتونية التي تحدث لصخور القشرة الأرضية وتشمل مصائد الطيات المحدبة ومصائد الصدوع. يتجمع النفط في مصائد الطيات المحدبة عند القمة وتنقسم مصائد الطيات المحدبة الى نوعين. النوع الأول هو مصائد الطيات المحدبة الانضغاطية والتي تنتج من الانضغاط بفعل تقصير في القشرة الأرضية وتوجد في الغالب بجوار السلاسل الجبلية. النوع الثاني هو مصائد الطيات المحدبة المحكمة حيث يؤدي الشد في القشرة الأرضية الى تكون مرتفعات ومنخفضات في الأعماق ونتيجة للترسيب التفاضلي تترسب الطبقات مكونة طيات محدبة فوق المرتفعات. وتقوم الصدوع بدور مهم ومباشر في تكوين المصائد، حيث تعمل على وضع الطبقات غير المنفذة في طريق الطبقات المنفذة الحاملة للنفط مما يمنع من هجرته واصطياده. كما قد يكون للصدع دور غير مباشر في اصطياد البترول، بأن يشترك في ذلك مع ظواهر تركيبية أخرى، مثل الطي أو تغيير النفاذية. وقد يكون سطح تماس الغاز والبترول متصلا في المصيدة المحدبة المتأثرة ببعض الصدوع، وعندئذ يكون عنصر الاصطياد الرئيسي هو الطي، أو غير متصل فيكون الصدع هو العامل الرئيسي في تكوين المصيدة، أو تكون الطية المحدبة قد تأثرت بالصدع فانفصل التجمع البترولي بها إلى أجزاء.





مصائد الطيات المحدبة (a) ومصائد الصدوع (b).

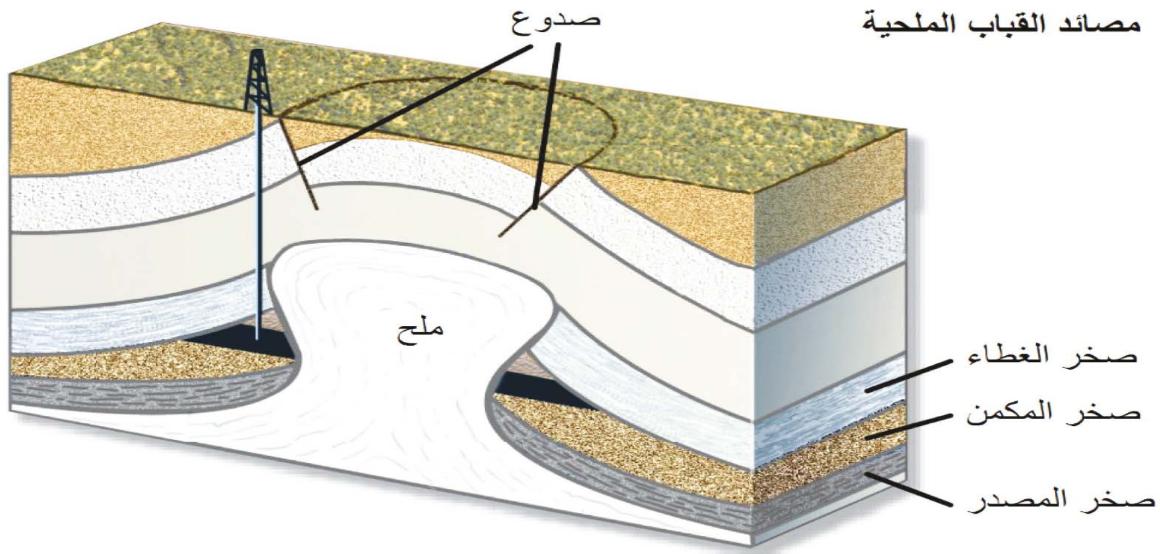
2. المصائــد الاقتحاميــة

تتشكل المصائد الاقتحامية أو القبوية نتيجة حركة الرواسب الانسيابية قليلة الكثافة إلى أعلى مخترقة للصخور الأعلى كثافة التي تعلوها ومكونة قباب. تتكون المصائد الاقتحامية بشكل عام بسبب حركة الرواسب الملحية وفي بعض



الأحيان بسبب حركة الطين. تتكون مصائد القباب الملحية Salt Domes نتيجة اختلاف كثافتي الملح والطبقات الرسوبية التي تعلوها، فالملح أقل كثافة، ومن ثم يندفع إلى أعلى، ويتسبب في تقبب الطبقات الرسوبية التي تعلوه، فإذا وجد بها البترول فإنه يتحرك نحو الجوانب الخارجية للطبقة الملحية، وينحصر بين الطبقات الرسوبية من جهة والقبة الملحية من جهة أخرى. ويؤدي النمو غير المنتظم للقباب الملحية إلى تكوين مصائد متعددة متتالية ومتنوعة. وأهم أسباب تكوين مصائد القباب الملحية هي اندفاع غازات مصاحبة لنشاط بركاني، ينتج عنها ترسيب الأملاح من المحاليل المائية، ثم اندفاع الكتل الملحية إلى أعلى، أو صعود المحاليل الملحية الحارة إلى أعلى من خلال ثغرات ضعيفة في الطبقات، ثم انخفاض درجات حرارتها تدريجيا مسببة ترسيب الملح وتزايد كميته وحجمه تدريجيا نتيجة استمرار عمليات التبريد والتبلر، مما يؤدي إلى اختراق القباب الملحية للطبقات الرسوبية التي تعلوها وتوغلها فيها.

مصائد القباب الملحية



مصائد القباب الملحية



3. المصائـد الطباقيـة

تتكون المصائد الطباقية نتيجة تغييرات جانبية من حيث المسامية والنفاذية في صخور المكمن أو عدم استمراريتها، وفي هذا النوع يكون تماس الصخور المختلفة حاداً أو تدريجيا ومتوافقا. ومن أهم المصائد الطباقية تلك التي يحاط فيها صخر المكمن المنفذ مثل الحجر الرملي بآخر غير منفذ مثل الطفل الصفحي، وبذلك يكون التغير في النفاذية أساس تكوين المصيدة. وتقسم المصائد الطباقية إلى مصائد غير مصاحبة لسطح عدم توافق، وأخرى مصاحبة لسطح عدم توافق. هناك نوعان من المصائد البترولية غير مصاحبة لسطح عدم توافق، هما المصائد الترسيبية والمصائد البين تكوينية. تشمل المصائد الترسيبية مصائد الترقيق Pinch-out، مصائد الشعب المرجانية Coral Reef، مصائد القنوات Channels، ومصائد العدسات Lenses، ومصائد الحواجز Barrier Bar. في مصائد الترقيق يتضاءل سمك قطاع سميك من صخور ذات مسامية ونفاذية عالية ويدمج في صخر طيني غير منفذ حيث يتم اصطياد البترول في الجزء المسامي والمنفذ من القطاع. وفي مصائد الشعاب المرجانية تحاط أحجار الجير المرجانية ذات المسامية والنفاذية بصخور غير منفذة. ومصائد القنوات عبارة عن وسط بيئي لنقل الرمال على شكل قنوات طويلة ذات مسامية ونفاذية عالية، يتم اصطياد البترول والغاز فيها. وتتشكل مصائد العدسات عندما توجد كتلة ضخمة من الرمل داخل قطاع من الطفلة. أما مصائد الحواجز فهي كتل رملية أو من الزلط والحصى، وتظهر غالبا بشكل جزيرة على الشاطئ، ورمالها غالباً نظيفة وجيدة التصنيف. وهناك حواجز رملية مطوقة بطين صفحي بحري، أو طين صفحي من بحيرات شاطئية، تكون مصائد نفطية.

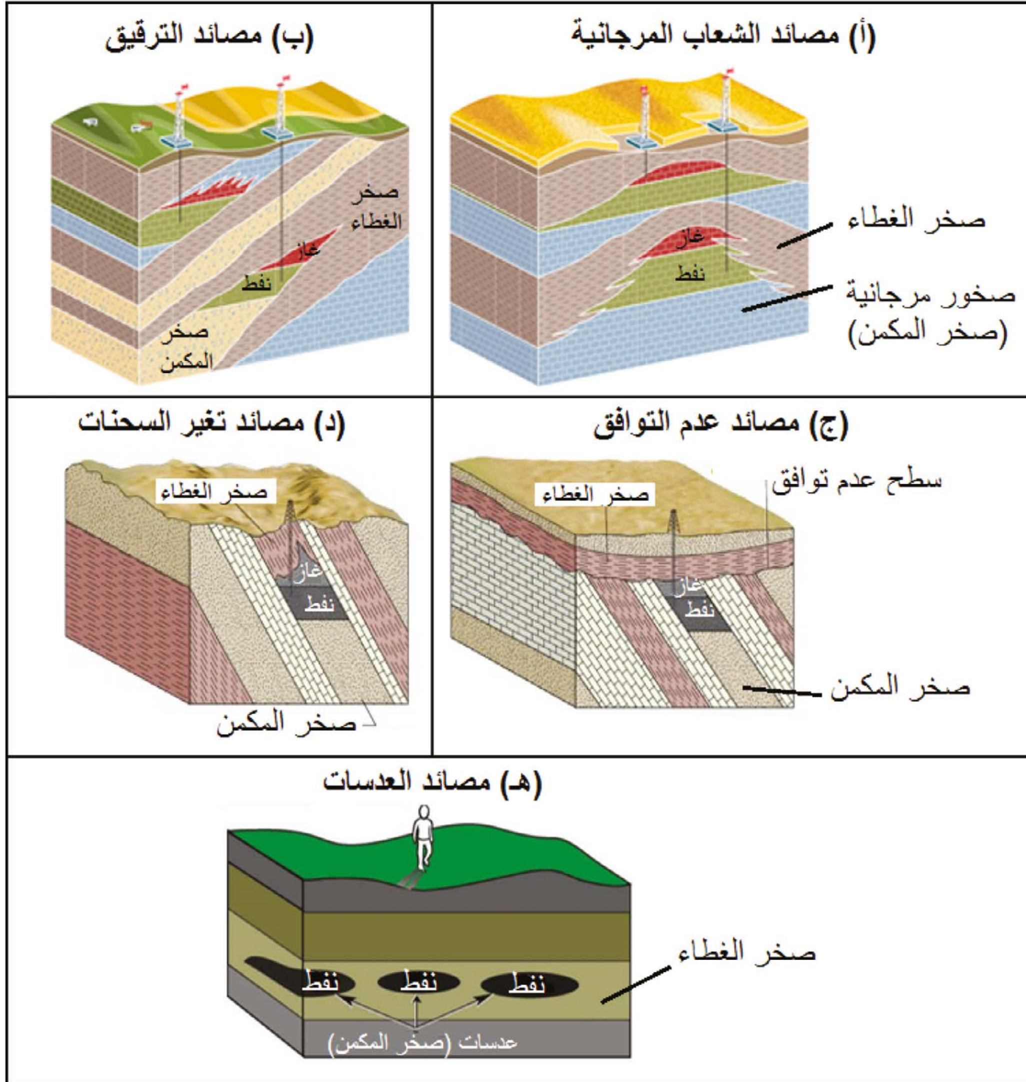


من العمليات البين تكوينية دور السوائل في إذابة صخور المكمن لتكسبها مسامية ثانوية، أو دور المحاليل الغنية بالمعادن في عملية السمنتة Cementation، التي تكاد تؤدي إلى تدمير مسامية الخزان البترولي. ويمكن أن تؤدي هذه العمليات إلى تكوين مصيدة بترولية إذا اعترض نطاق مسمنت طريق بترول أو غاز يتحرك إلى أعلى في طبقة منفذة. كذلك يمكن اصطياد البترول أو الغاز في نطاق معين بسبب نشوء مسامية ثانوية في حيز محلي في صخور مسمنتة، وقد تتسبب عملية "التدلمته" Dolomitization في تكوين مصائد نفطية بين تكوينية غير منتظمة؛ لأن الدولوميت يشغل حيزا فراغيا أقل من الحجم الأصلي الذي كان يشغله الحجر الجيري. أما المصائد المصاحبة لسطح عدم توافق فتنشأ نتيجة عمليات تآكل Erosion تؤدي إلى تكوين سطح عدم توافق يفصل بين صخور منفذة وصخور غير منفذة، وعندئذ يتم تكوين مصيدة البترول في الصخور المنفذة أعلى سطح عدم التوافق أو أسفله.

4. المصائد الهيدروديناميكية

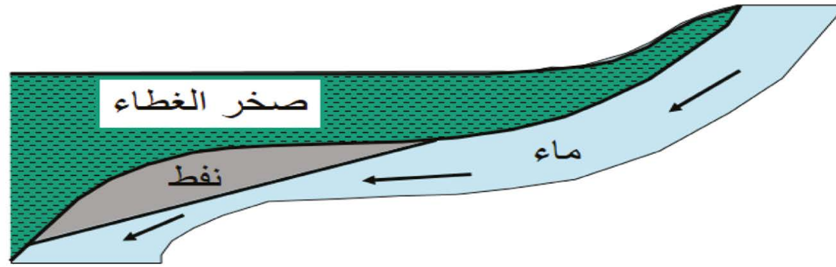
في مصائد البترول الهيدروديناميكية تقوم قوة الماء بدور أساسي في منع البترول من التحرك في اتجاه أعلى الميل في الطبقات الرسوبية، إذ يعترض الماء المتحرك هيدروديناميكيا في اتجاه أسفل الميل السوائل البترولية الصاعدة إلى أعلى عندما تكون القوة الهيدروديناميكية للماء أكبر من القوة الناتجة من قابلية طفو قطرات البترول في الماء Buoyancy، وبذلك يمنع الماء تحرك البترول لأعلى، مما يؤدي اصطياده دون الحاجة إلى وجود حاجز غير منفذ





الأشكال المختلفة للمصائد الطباقية





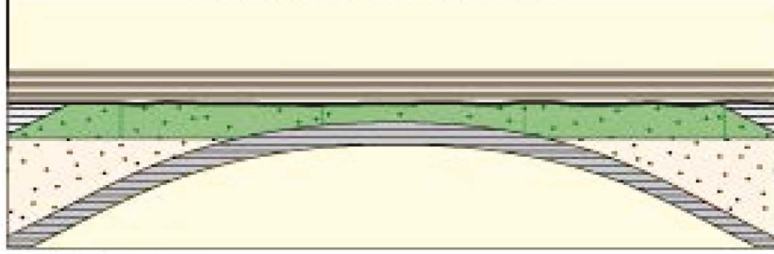
المصائد الهيدروديناميكية

5. المصائــد المركبــة

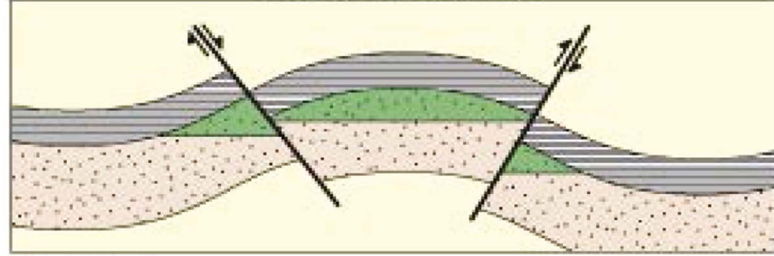
مصائد البترول المركبة التي تتكون من عنصر طبقي نشأ عن وجود حافة فاصلة بين طبقات منفذة وأخرى غير منفذة، وعنصر تركيبي نتج عن حركات تكتونية للقشرة الأرضية. ومن أمثلتها اصطياد البترول في مواجهة صدع Fault، وهو عنصر تركيبي في طبقة رملية أحاطت حوافها طبقة غير منفذة تمثل عنصرا طبقيا، ومصيدة طبقية مصاحبة لسطح عدم توافق تم طيها لاحقا. وتعطي المصائد المتعددة التي يواكب تكوينها نشوء القباب الملحية أمثلة لكل أنواع مصائد البترول من تركيبية أو طبقية أو مركبة.



(أ) مصيدة مركبة من طية محدبة وسطح عدم توافق



(ب) مصيدة مركبة من طية محدبة وصدوع



امثلة للمصائد المركبة

• هجــرة وتجمــع البتــرول

بعد نشأة النفط والغاز في صخر المصدر (في الغالب من الطفلة)، يزحف وينزلق نحو صخر الخزان والذي في الغالب يتكون من الحجر الرملي ذو المسامية والنفاذية العالية مما يسمح للبترول السائل والغاز الطبيعي بالتحرك إلى أن يجدا حاجزا ليتراكم فيه والذي يعرف بالمصيدة، وله طبيعة هندسية تسمح بتراكم الهيدروكربون، وتحدث هذه العملية خلال ملايين من السنين. ومن أهم الدلائل على هجرة النفط ظهوره على السطح على هيئة رشح نفطي oil seeps.



عـادة مـا يذهـب اعتقـاد عامـة النـاس إلـى أن البتـرول أو الغـاز يتواجـدان داخـل غرفـة كبيـرة في باطـن الأرض، مـع أن صخـر المكمـن يكـون ممتلئً بسـائل نفطـي أو مـاء أو غـاز طبيعـي في مسـاماته كإسـفنج ممتلئ. وتنقسـم هجـرة البتـرول إلـى:

1. **الهجـرة الأوليـة:** وفيهـا ينتقـل البتـرول مباشـرة مـن صخـر المصـدر إلـى صخـر الخـزان.

2. **الهجـرة الثانويـة:** عندمـا يتحـرك البتـرول داخـل الخـزان نفسـه مـن المناطـق ذات الضغـط العالـي إلـى المناطـق ذات الضغـط الأقـل. وبفعـل التبايـن في الكثافـة يصعـد الغـاز وهـو الأخـف الـى الأعلـى ويتوسـط النفطُ الغـازَ والمـاءَ لأنـه أخـف مـن المـاء وأثقـل مـن الغـاز، ويترسـب المـاء في الأسـفل إذا كان متواجداً.

ولكي يتجمع ويتراكم البترول لابد من توافر ثلاثة عوامل وهي:

1. وجـود صخـور ذات مسـامية عاليـة تسـمح بتجمـع كميـة كبيـرة ونفاذيـة عاليـة لتسـمح للهيدروكربونـات بالتحـرك خلالهـا كالحجـر الرملـي والجيـري والكونجلوميـرات والحجـر الجيـري المسـامي والتـي تسـمى بصخـور الخـزان.
2. وجـود صخـور صمـاء غيـر مسـامية تمنـع حركـة الهيدروكربونـات وهروبهـا لأعلـى كالطفـل والمتبخـرات والتي تسـمى بصخـور الغطـاء.
3. حفـظ الهيدروكربونـات ولكـي يتـم حفظهـا لابـد أن تكـون الخزانـات ذات مواصفـات تركيبيـة خاصـة تمنـع الهيدروكربونـات في أي اتجـاه (أي مسـتقرة تكتونيـاً).



• تحديـــد وتســـمية النظـــام البتـــرولي

تتم عملية تحديد النظام البترولي من خلال:

أ. استكشاف وجود بعض الهيدروكربونات سواءً عن طريق ظهور نفط أو غاز في البئر أو حتى تسريبات للنفط أو الغاز على سطح الأرض لكي يثبت وجود النظام البترولي.

ب. تحديد حجم النظام البترولي من خلال معرفة الصخور المصدرية المولدة للنفط عن طريق تحديد الخصائص الكيميائية والطباقية لها، ومعرفة العمليات الجيولوجية المتعلقة بها وكذلك تحديد الصخور الخازنة المحتوية على الهيدروكربونات، وصخور الغطاء الغير منفذة والتي تقوم بحجز الهيدروكربونات.

ج. عمل جدول لتحديد كمية الهيدروكربون في النظام.

أما تسمية النظام البترولي تتم من خلال معرفة وتحديد عدة أجزاء أهمها الصخور المصدرية المولدة للنفط، واسم تكوين الصخور الخازنة التي تحتوي علي أكبر كمية من الهيدروكربون، ورمز يدل على مقدار الثقة أو التأكيد من أن الصخور المصدرية قد أنتجت الهيدروكربون وهناك عدة رموز تستخدم بناء على مقدار درجة التأكد وهي:

- مؤكد known (!): عند مضاهاة الصخور المصدرية الحاملة للنفط أو الغاز.
- افتراضي Hypothetical (!!): عند استخدام الأدلة الجيوكيميائية.
- تخميني Speculative (?): عند استخدام الأدلة الجيولوجية والجيوفيزيائية.



طـــرق البحـــث والتنقـــيب عن البتـــرول

لا توجد مناطق محددة أو صخور معينة، أو أعماق متقاربة، أو عصور جيولوجية محددة يوجد فيها البترول وإن كنا نعرف أن البترول قد تكون واختزن واحتجز في طبقات يتراوح أعمارها التكوينية بين حقبة الحياة العتيقة Paleozoic والعصور السفلى لحقبة الحياة المتوسطة، وأن الاستكشاف والإنتاج البترولي قد امتد إلى الحقبة الحديثة Cenozoic. ومن ثم يتطلب دراسة طبقات الصخور تحت سطح الأرض للعثور على البترول وتراكيبها الجيولوجية، بحثا عن الأحواض الرسوبية والمكامن البترولية المحتملة فيها، سواء على اليابسة، أم تحت سطح البحر، بل وتحت الجليد في شمال الكرة الأرضية وجنوبها. ويتطلب التنقيب عن البترول استثمارات مادية كبيرة، وخبرات تكنولوجية متطورة، وتمويلا مستمرا لخطط الاستكشاف، وتكامل عناصر تعدين البترول وصناعته، ونقله وتسويقه. وهدف التنقيب الواضح هو البحث عن مكامن تجمع البترول باستخدام مختلف أنواع المسح، والكشف جوياً وأرضياً وجوفياً، ويعتبر الرشح البترولي مؤشراً إيجابياً لتحديد أغلب مناطق التنقيب، إلى جانب البحث عن البترول في مصائد بنائية معينة كالطيات المحدبة والقباب.

تشمل تقنيات التنقيب المسح الجيولوجي الطبقي، الذي تستخدم فيه أدوات الاستشعار عن بعد كالصور الجوية الرادارية والتصوير بالأقمار الصناعية، إلى جانب الدراسات الميدانية بهدف تحديد العناصر الجيولوجية الرئيسية في مناطق معينة، وأنواع صخورها، وامتدادها السطحي وتراكيبها المتنوعة، ورسم خرائط جيولوجية لها، وتقدير احتمالات تكون البترول في طبقات رسوبية معينة، وترتيبها وأعماقها وسمك الطبقات الخازنة المحتملة، وبعض خصائص المصائد



البترولية. ثم تأتي بعد ذلك مرحلة المسح الجيوفيزيائي باستخدام الطرق السيزمية والجاذبية والمغناطيسية والمقاومة الكهربية، والاستقطاب المستحث، والجهد الذاتي والموجات الكهرومغناطيسية لتحديد أهم الخواص الطبيعية للصخور، مثل الكثافة والمسامية والمرونة والسعة الكهربية والصفات المغناطيسية. وباستكمال الدراسات الكيميائية للصخور، يمكن معرفة مدى احتوائها على المواد العضوية المولدة للبترول، وكذلك التعرف على وجود مؤشرات وجود خزانات بترولية كبرى، مثل وجود صخور مسامية ترتفع بها نسبة الكربونات، وتتحلل موادها بسرعة تحت تأثير عوامل التجوية الكيميائية من رطوبة وجفاف وتجوية عضوية بصفة خاصة. الجيولوجيا - إذاً - من خلال مشاهدات الصخور والآبار، والجيوفيزياء بطرقها العديدة تقدم اليوم وسائل عملية لدراسة تكوين باطن الأرض وتركيبه، ومع ذلك لا تستطيع جميع الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية أن تحدد بدقة مواقع تجمعات البترول والغاز مهما كانت شمولية تلك الدراسات، إذ لابد من الحفر، فهو العامل الحاسم في استكشاف البترول، ويرتبط النجاح فيه بالتحديد الدقيق لمواقع الآبار، وتقدير العمق المحتمل لوجود البترول في الطبقة أو الطبقات، وكفاءة برمجة الحفر ونظم معلوماته، للتعرف على الطبقات تحت السطحية في أثنائه وتقدير السمك والعمق لكل منهما.



• المســح الجيولوجــي الطبقــي

تم اكتشـاف أول بئـر للبتـرول في الولايات المتحـدة الأمريكيـة في ولاية فرجينيا عـام 1806، وتم حفـر أول بئـر متكامـل في مدينـة تيتـوس فيـل Titusville بولايـة بنسـلفانيا، وتلـى ذلـك اكتشـاف أول حقـل بترولـي بـدون البـدء بشـواهد الرشـح، وبالاعتماد على الدراسـات الجيولوجية الميدانية في مقاطعة كوشـينج في أوكلاهوما بالولايـات المتحـدة الأمريكيـة مـن خـلال الحفـر في طية محدبـة. في أوائل القـرن العشـرين كانت مناطـق التنقيـب عن البتـرول هـي التـي تظهـر فيها شـواهد بترولية مثل البقـع البتيومينيـة، وتسـربات الغازات، وبعض الصخور الأسـفلتية التي تكشـفها عوامل التعرية. ثـم بـدأ الاعتمـاد علـى أجهـزة قيـاس المغناطيسـية الأرضيـة لتحديد الاختلافـات الصغيـرة أو الطفيفـة في المجـالات المغناطيسـية للتراكيـب الصخريـة حتـى يمكـن الاسـتدلال علـى بنيـة الطبقـات ومعرفـة نوعيـات التراكيـب الجيولوجيـة للصخـور الرسـوبية، وإنشـاء خرائـط خطـوط الكنتـور تحـت السـطحية، وتحديـد مناطـق الثنيـات أو الطيـات الصخريـة المحدبـة والمقعـرة، وسـمك بعـض الطبقـات الرسـوبية فيهـا. وبتطـور تكنولوجيـات التنقيـب عـن البتـرول يجـري حاليـا قيـاس المغناطيسـية الأرضيـة عـن طريـق المسـح الجـوي، الـذي يتيـح تغطيـة مسـاحات كبيـرة، والوصـول إلـى مناطـق صعبـة طبوغرافيـا، والتـي لا يسـهل اسـتخدام طـرق النقـل الأخـرى فيهـا.

يعتبـر التصويـر الطيفـي بالأقمـار الصناعيـة ومنهـا سلسـلة لانـد سـات، التـي أطلـق أولهـا عـام 1972م، مـن أحـدث طـرق المسـح الجيولوجـي (اسـتخدمت صـور أقمـار لانـد سـات لحـوض أنادراكـو Anadarco Basin الممتـد بيـن ولايتـي أوكلاهومـا وتكسـاس لتحديـد 59 حقـلا بتروليـا منتجـاً، كمـا اسـتخدمت صـور لاندسـات في



خمسة حقول في العالم العربي هي حقل الغوار السعودي، وحقل البرقان الكويتي، وحقل بوزرغان العراقي، وحقل المسلة الليبي، وحقل البرمة التونسي.)، لدراسة ثروات الأرض المعدنية والبترولية، ويمكن بواسطتها تحديد مناطق تسرب البترول إلى السطح، وأماكن الصدوع والطيات واستراتيجرافية الإقليم. ويمكن تدقيق المعلومات المرجحة عن التراكيب الجيولوجية بواسطة أنظمة التصوير الراداري المحمولة بواسطة الأقمار الصناعية، والتي تعمل ليلاً ونهاراً ولاتتأثر بالسحب وتتيح تحديد الأحواض الرسوبية والاختيار السليم لمواقع المسح الجيوفيزيقي التالي للمسح الجيولوجي.

تتكامل أعمال التصوير والاستشعار عن بعد مع الدراسات الجيولوجية الميدانية على الأرض، ومع الاستعانة بالصور الجوية وتطوير الخرائط الجيولوجية من حيث التراكيب ونوعيات الصخور وأعمارها المختلفة، والتضاريس واتجاهات ميول الطبقات، والطيات والفوالق. وترسم خرائط وقطاعات عرضية لامتداد الصخور الظاهرة على سطح الأرض وتحته، كما يتم تجميع العينات من مختلف الصخور لتحليلها، وبذلك تتهيأ قاعدة من المعلومات لاستكمال أعمال استكشاف البترول. وفي العمل الميداني يرصد الرشح البترولي الذي قد يتخذ شكل طبقة بترولية رقيقة فوق سطح عين أو بحيرة أو نهر، أو صورة تسربات بسيطة من الصخور المسامية السطحية المتشققة، كما قد يبدو في صورة بحيرة صغيرة من القار. وقد تخرج المواد الأسفلتية على شكل تجمعات لدنة وأغشية رقيقة فوق صخور سطح الأرض، مثل ما يوجد في إقليم بوريسلان غرب أوكرانيا Ukraine.

يشمل المسح الجيولوجي الطبقي الأولى استخدام مقياس الجاذبية الأرضية Gravimeter للتعرف على مواقع الصخور وكثافاتها، واستنتاج بعض المعلومات عن التراكيب الجيولوجية للمكامن والمصائد البترولية.







• المســح الجيوفيـزيــائي

يعتبر المسح الجيوفيزيائي الأداة العملية لاستكمال المعلومات المفيدة وتدقيقها عن بنية الطبقات وتراكيب المكامن البترولية، وللحصول عليها في المناطق صعبة التضاريس كالمناطق البحرية، والصحاري، والصحاري الجليدية القطبية، ومناطق البراكين. وقد أوجدت الحاسبات الآلية قدرات أفضل في معالجة المعلومات الجيوفيزيائية، مثلما تطورت استخدامات الفضاء في الكشف عن الثروات البترولية والمعدنية. وتشمل الطرق الجيوفيزيائية الشائعة الاستخدام المسح السيزمي الذي يسمى أحيانا بالزلزالي، والجاذبية، والمغناطيسية، والطرق الكهربية، ثم الطرق الأقل استخداما وهي قياس الإشعاع والحرارة عند أو بالقرب من سطح الأرض أو في الجو. وإذا كانت الطرق السيزمية والجاذبية هي أساسا أدوات للبحث عن البترول، فإن الطرق الكهربية تستخدم عادة للكشف عن المعادن، غير أن معظم العلماء الروسيين والفرنسيين يستخدمون الطرق الكهربية والمغناطيسية معاً في البحث عن البترول والمعادن.سيتم اعطاء مختصر كيفية الإستفادة من كل طريقة جيوفيزيقية في البحث عن البترول، إلا أنه سيتم تخصيص الفصل التالي لشرح تقنية الإستشعار عن بعد بشكل أوضح.

الطريقـــة الســـيزميــة

يعد المسح السيزمي آداة عملية لتحديد التكوين الجيولوجي تحت سطح الأرض، ويعتمد على تفجير شحنة صغيرة من المتفجرات قريبة من السطح، تنتج عنها صدمة آلية أو هزة أو موجة سيزمية، من نوع ريلي Rayleigh أو لف Love، وهذه الموجة تعود إلى السطح بعد انعكاسها من الأوجه الفاصلة بين الطبقات ذات الخواص الطبيعية المختلفة، وتسجل الانعكاسات بأجهزة



حساسة سريعة الاستجابة لحركة الأرض Geophones & Detectors، توضع على أبعاد محددة من نقطة التفجير لتلقي الموجات الصوتية المنعكسة وقياس زمن ارتداد الموجة السيزمية. ومن المعروف أن سرعة الموجات الصوتية تعتمد على كثافة الصخور التي تمر بها. ويمكن حساب أعماق الطبقات وسمكها واستنتاج أنواعها بقياس أزمنة الانعكاس ومقارنتها، والتعرف على الظواهر التركيبية في الطبقات السفلى وبيئة الترسيب ومن ثم إنتاج خرائط تركيبية لأي مستوى جيولوجي يعطي انعكاسات للموجات الصوتية، وتحديد أماكن الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية والشعب وخواصها. ويجري المسح السيزمي أيضاً في البحار باستبدال المتفجرات بشرارة كهربية ذات فولت عالي، قد يصل إلى عشرة آلاف فولت، تفرغ تحت الماء لإحداث نبض سمعي Acoustic Pulse على فترات قصيرة متتابعة لإجراء المسح السيزمي على أعماق بين 100 - 400 متر. ويمكن إجراء هذا المسح على أعماق كبيرة قد تصل إلى 2 - 2.5 كم باستخدام قاذف صغير لخليط متفجر من غازي البروبان والأكسجين يشعل بشرارة كهربية. وطريقة الانعكاس السيزمي أنجح الطرق السيزمية المستخدمة في معرفة الطبقات القريبة من سطح الأرض، وتحديد الظواهر التركيبية التي يشتمل أنها مكامن بترولية، وبخاصة الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية وبعض البنيات الاختراقية الأخرى.

أما طريقة الانكسار السيزمي فتتيح تسجيل الإشارات السيزمية على مسافات كبيرة من نقطة التفجير، والحصول على معلومات عن السرعات والأعماق الخاصة بالطبقات تحت سطحية التي تنتقل خلالها، ولقد استخدمت في الماضي في تحديد جوانب قباب الملح قبيل استخدام الطريقة الانعكاسية. ومع أن طريقة الانكسار لاتعطي معلومات دقيقة عن التراكيب الصخرية، وهي



أقل استخداما في استكشاف البترول حاليا، إلا أنها مصدر جيد للمعلومات عن سرعة انتشار الموجات في طبقات الانكسارالسيزمي، وبالتالي التحديد التقريبي لمواقع وأعماق طبقات صخرية أو تكوينات جيولوجية معينة. ومن المعروف أن سرعة انتشار الموجات السيزمية تبلغ نحو 5500 قدم/ ثانية في الرواسب الفتاتية، وترتفع إلى أكثر من 23000 قدم/ ثانية في بعض الصخور النارية، وبذلك يسهل تحديد عمق الحوض الرسوبي وشكله برسم خريطة صخور القاعدة التي تتراكم عليها الصخور الرسوبية.

طريقـــة الجاذبيـــة

تعتمد طريقة البحث بالجاذبية، في حدود الأميال الأولى القليلة من سطح الأرض، على قياس التغييرات الصغيرة في جذب الصخور للأجسام والكتل فوق سطحها، إذ تختلف قوى الجذب من مكان لآخر طبقا لاختلاف كثافات الصخور تحت سطح الأرض، لأن الجاذبية تتناسب طرديا مع الكتل الجاذبة، وعكسيا مع مربع المسافة إليها. وإذا كانت الطبقات الأعلى كثافة مقوسة إلى أعلى في تركيب مرتفع مثل الطية المحدبة فإن مجال الجاذبية الأرضية يكون فوق محور الطية أكبر منه على طول أجنابها، كما أن القبة الملحية، الأقل كثافة من الصخور التي اخترقتها، يمكن إكتشافها من القيمة الصغيرة للجاذبية المقاسة فوقها بالمقارنة بقيمة الجاذبية على أي من الجانبين. ولابد لقياس التغير الطفيف في قيمة الجاذبية من مكان لآخر من أجهزة ذات حساسية عالية، لدرجة أنها تسجل التغيرات في الجاذبية لجزء في المليون من عجلة الجاذبية الأرضية، وتسمى الجرافيمترات Gravimeters، وهي أداة رسم خريطة تغيرات الجاذبية في منطقة البحث عن البترول التي يمكن من خلالها ترجيح وجود تراكيب جيولوجية معينة



مثل الفوالق والطيات، أو تداخل صخور القاعدة ذات الكثافة العالية في صخور رسوبية ذات كثافة أقل. وبصفة عامة يستفاد من طريقة الجاذبية في تحديد الأحواض الرسوبية، وامتدادها وسمكها، باعتبار أن كثافة صخور القاعدة أعلى من كثافة الطبقات المترسبة فوقها، وكذا في تحديد أماكن القباب الملحية، وشعاب الحجر الجيري Limestone Reefs، والطيات المحدبة ثم في تعيين الحدود الفاصلة بين الكتل الصخرية ذات الكثافات المختلفة. ومع ذلك يجب أن نسلم بأن الصخور الخازنة ليست متجانسة في خواصها مما يقتضي استخدام طرق أخرى للمسح الجيوفيزيائي لتكوين صورة متكاملة ودقيقة للخزان البترولي من خلال استكمال بالمسح السيزمي والحفر الاستكشافي. وقد استخدمت طريقة الجاذبية في تحديد أماكن القباب الملحية في ساحل خليج المكسيك بالولايات المتحدة الأمريكية، وفي الكشف عن التراكيب المحدبة في وسط القارة الأمريكية التي تعد مكامن محتملة للسوائل الهيدروكربونية.

الطريقة المغناطيسية

يستخدم المسح المغناطيسي لقياس التغير في شدة المجال المغناطيسي للأرض من مكان لآخر بسبب اختلاف التراكيب الجيولوجية والتغيرات الطبوغرافية لأسطح صخور القاعدة والتأثيرية المغناطيسية Magnetic Susceptibility لهذه الصخور، أو الصخور النارية أو المتحولة التي تحتوي في العادة على نسب أعلى من معدن المجنتيت Magnetite ذي الخواص المغناطيسية، أو الصخور القريبة من سطح الأرض. وتستخدم المغناطومترات Magnetometers في المسح المغناطيسي على الأرض، ومن الطائرة أو السفن وبخاصة لتحديد سمك الطبقات الرسوبية الخازنة للبترول أو المعادن المغناطيسية. وحديثاً تستخدم الأقمار الصناعية في



رسم الخرائط الكنتورية للتغيرات في شدة المجال المغناطيسي لتحديد التراكيب الجيولوجية في مناطق المسح المغناطيسي، وبخاصة أماكن الطيات والصدوع في القشرة الأرضية المرجح وجود تجمعات البترول بها، وحساب أعماق صخور القاعدة بما يساعد في تقدير سمك وامتداد الطبقات الرسوبية وامتدادها، وكذا التعرف على تداخلات الصخور النارية بين هذه الطبقات الرسوبية. وقد ساعدت الطريقة المغناطيسية على اكتشاف حقول بترولية عديدة في المملكة العربية السعودية، ومنها حقول الحوطة والدلم عام 1989م، والرغيب والنعيم والحلوة والهزمية والغينة في المنطقة الوسطى عام 1990م، ثم حقل مدين على الساحل الشمالي للبحر الأحمر عام 1993م.

الطريقة الكهربائية

تعتمد هذه الطريقة على اختلاف قياسات المقاومة النوعية الكهربية بين شتى أنواع الصخور، وبخاصة بين الملح والرسوبيات، ويسهل باستخدامها تحديد عمق صخور القاعدة بفضل ارتفاع قيم المقاومة النوعية لها. وإذا كانت التباينات في الخواص الكهربية للصخور الرسوبية محدودة، فإن الصخور الجيرية الكتلية والأنهيدريت تتميز بمقاوماتها النوعية العالية. كذلك تستخدم طريقة الجهد الذاتي لإجراء قياسات على السطح بالميللي فولت للجهود الكهروكيميائية الناشئة في الأرض بالتفاعل الكيميائي الكهربي بين بعض المعادن والمحاليل ذات الخصائص الكهربية المتلامسة معها.



• الدراســـات الجيوكيميائيـــة

تتم هذه الدراسات في الطريقة المباشرة للبحث عن البترول أثناء مرحلة الحفر الأولى ولا سيما إذا وجدت شواهد بترولية على سطح الأرض، نتيجة هجرة بعض الهيدروكربونات من مكمن للبترول أو الغاز الطبيعي تحت ضغط مرتفع نسبيا وتحركها إلى السطح. وتهدف الدراسات الجيوكيميائية إلى تحديد الطبقات القادرة على توليد البترول والصخور الخازنة للبترول وتحديد أنواع الهيدروكربونات الموجودة من بترول أو غاز أو مكثفات. وتبدأ الدراسات الجيوكيميائية بالدراسات السطحية التي تشمل قياس كمية الغازات الممتصة على حبيبات التربة أو حبيبات الصخور تحت السطحية القريبة من سطح الأرض، وقياس الاشعاع الصادر من التربة Fluorescence، ومحاولة تحديد أنواع البكتريا التي تعيش وتنمو مع مختلف أنواع الهيدروكربونات، وإجراء المسح الإشعاعي لتتبع هجرة الهيدروكربونات. وتتعدد الدراسات تحت السطحية، وتبدأ بتحديد كمية الكربون العضوي في الصخور والتي تتراوح بين 2 %، 10 % في الصخور المولدة لحقول البترول العملاقة، والتحليل الغازي لسائل الحفر وفتاته (Mud Logging) كما تشمل تحديد السحنة الحرارية، حيث لون الكيروجين في الطفل الصفحي يتغير من الأصفر إلى البني البرتقالي ثم الأسود مع زيادة درجة الحرارة، وهذا التغير اللوني يعتبر من دلائل وجود البترول والغاز. وتساعد الدراسات الجيوكيميائية على تقييم أحواض الترسيب، وترجيح احتمالات تواجد تجمعات البترول والغاز التي أسفرت عنها طرق المسح الجيوفيزيائي، وتقدير أعماق الصخور المولدة والخازنة والحابسة، ونوعيات المصائد البترولية، وهي تخدم مباشرة اختيار أماكن الحفر.

• الحفـــر الاستكشـــافي

يلي الحفر الإستكشافي في المسح الجيوفيزيائي والدراسات الجيوكيميائية التي تقود إلى تحديد أنسب الأماكن التي يرجح أن تكون حقولا منتجة، ويبدأ بحفر أولي الآبار الاستطلاعية التي تسمى بئر القطة البرية Wild Cat Well، طبقا لتقدير علمي دقيق لموقع الحفر والأعماق المطلوب الوصول إليها، وأنواع الأجهزة التي تستخدم في تجويف البئر، ثم تسجل النتائج في وثيقة التسجيل البئري Well Logging، والتي تشمل تحديد أنواع وسمك الطبقات وسمكها، وتقدير أعمار الصخور طبقا للحفريات الموجودة في كل طبقة إلى جانب قياسات المقاومة الكهربية والنشاط الإشعاعي وانتشار الموجات الصوتية، والكثافة، وتستكمل بالصفات الطبيعية مثل المسامية والنفاذية، والخصائص الكيميائية. وتتم متابعة تحليل العينات الجوفية خلال حفر البئر الاستكشافي بهدف معرفة وتحديد تتابع الطبقات للصخور الرسوبية في الحقول البترولية المنتظرة. وعادة تحفر البئر الاستكشافية الأولى على قمة التركيب الجيولوجي المراد استكشافه، أو على الموقع المقدر نظريا أن يحقق أكبر إنتاج ممكن. ويراعى ما أمكن ذلك أن يكون تجويف البئر رأسيا، واختبار زاوية ميله كلما تعمق الحفر لإجراء التصحيحات المطلوبة عند الضرورة. ومع أن حفر البئر الأولي يعطي الدليل على وجود البترول، وتركيب المكمن البترولي، وأعماق الطبقات الحاوية للزيت من سطح الأرض وخواصها، إلا أن تحديد الحقل البترولي وحساب كميات البترول المنتظر إنتاجها وتقدير الاحتياطي المرجح من البترول في الحقل يتطلب حفر آبار استكشافية أخرى حول البئر الأولي. ويجري في حالات عديدة حفر «الآبار القاعية» العميقة في الأماكن الملائمة لتجمع الزيت أو الغاز لدراسة التركيب الجيولوجي والظروف الهيدرولوجية لتكوين الطبقات الرسوبية، وكذا «الآبار البارامترية» لتدقيق المعلومات عن التراكيب الجيولوجية للصخور في منطقة البحوث الاستكشافية.



تسـجيلات الآبـار

هـي طريقـة واسـعة الاسـتخدام قبـل حفـر آبـار البتـرول وفي أثنـاء الحفـر وبعـده، لتحديـد الخـواص البتروفيزيائيـة المختلفـة للطبقـات تحـت سـطح الأرض، مـن خـلال إنـزال أجهـزة قيـاس متنوعـة في الآبـار لتحديـد المقاومـة النوعيـة الكهربيـة، والجهـد الذاتـي، والسـرعة الصوتيـة، والكثافـة، والخـواص المغناطيسـية، وإطـلاق أشـعة وفوتونـات جامـا الطبيعيـة، أو توليـد أشـعة جامـا اسـتجابة لقـذف النيوترونـات. والتسـجيلات الكهربيـة تتيـح قيـاس المقاومـة النوعيـة للصخـور، ورسـم الحـدود بـين الطبقـات، وتحديـد مناطـق تدفـق السـوائل ودراسـة الميـاه الجوفيـة وتحديـد ملوحتهـا، وبذلـك يسـهل تعيـين الطبقـات المنفـذة للسـوائل والأسـطح والحـواف التـي تحدهـا. والطـرق الكهرومغناطيسـية تكشـف اختـلاف الخـواص التأثيريـة للصخـور تحـت سـطح الأرض. وقـد اسـتخدمت طـرق المقاومـة النوعيـة والكهرومغناطيسـية الأرضيـة في روسـيا لإعـداد خرائـط الطبقـات الرسـوبية في مراحـل الاسـتكشـاف البترولـي المبكـرة، وفي فرنسـا اسـتخدمت الطـرق الكهربيـة في البحـث عـن المعـادن الصلبـة، وتتبـع الطاقـة الحراريـة الأرضيـة، أمـا تسـجيل النشـاط الإشـعاعي الطبيعـي للصخـور فيجـري باسـتخدام أجهـزة كشـف إشـعاعي متنوعـة أيضـا في الآبـار. كذلـك يسـتخدم مصـدر لإشـعاع النيوترونـات، مثـل خليـط مـن البريليـوم والراديـوم، ويسـتقبل الإشـعاع المنطلـق مـن الصخـور وقيـاس درجـة امتصـاص النيوترونـات بواسـطة أيونـات الهيدروجـين الموجـودة في البتـرول أو المـاء أو الغـاز. وتفيـد دراسـة النشـاط الإشـعاعي للصخـور في تعـرف التراكيـب الصخريـة، ومـدى احتوائهـا علـى سـوائل وأنـواع تلـك السـوائل ووجـود الغـازات الطبيعيـة ومسـامية الصخـور، كمـا تسـتخدم أشـعة جامـا في الكشـف عـن الطفلـة الحجريـة الزيتيـة Oil Shales. كذلـك



فإن المسح الإشعاعي من أفضل طرق تعيين وتقييم رواسب المعادن المشعة تحت سطح الأرض، سواء التي تحتوي على اليورانيوم أو الثوريوم. كما تجري تسجيلات الانتشار الصوتي لقياس سرعة سريان الموجات الصوتية في كل طبقة من الطبقات الصخرية على حدة، وتحديد الاختلاف بينها في المقاومة الصوتية Acoustic Impedance ، مما يساعد في معرفة مسامية الصخور تحت السطحية.

استخدامات النفط

يستخدم النفط بشكل أساسي كوقود للنقل. تشير التقديرات إلى أن 70 % من نفط العالم يستخدم في النقل. تستخدم السيارات وشاحنات الشحن وقاطرات الديزل والطائرات النفاثة وسفن الشحن جميعها عملية احتراق نواتج التقطير البترولي للحصول على طاقتها. السفر عن طريق البر، مع ذلك، هو إلى حد بعيد أكبر مستهلك للطاقة النفطية.

يمثل النقل البري 89 % من استهلاك طاقة النقل في جميع أنحاء العالم وزاد بنسبة 41 % بين عامي 1990 و2005. وكان النمو في استخدام طاقة النقل هو الأعلى في البلدان النامية، ولا يزال النقل ككل هو الأسرع نموًا في قطاع الطاقة للاستخدام النهائي.

النقل هو الاستخدام الأكثر وضوحًا للنفط، لكن الاستخدامات الأخرى للنفط كثيرة. البتروكيماويات وفيرة وتصنع العديد من المنتجات معها. عند المشي في سوبر ماركت أو متجر متعدد الأقسام، سوف يرى المرء أرففًا مبطنة بالسلع التي يجري إنتاجها من البتروكيماويات. فالصابون والمنظفات والأوعية البلاستيكية ومستحضرات التجميل والملابس المصنوعة من البوليستر والسجاد والأجهزة الإلكترونية ليست سوى بعض المنتجات التي تحوي على البتروكيماويات.

لقد جعلت وفرة النفط في القرن العشرين هذه السلع الاستهلاكية ميسورة التكلفة ومتاحة على نطاق واسع.



• تطبيقــات النفــط في حياتنــا

تقريباً كل نشاط بشري حالي - من النقل، إلى التصنيع، إلى الكهرباء، إلى البلاستيك، وخاصة إنتاج الغذاء والماء - متشابك بشكل لا ينفصم مع إمدادات النفط والغاز الطبيعي.

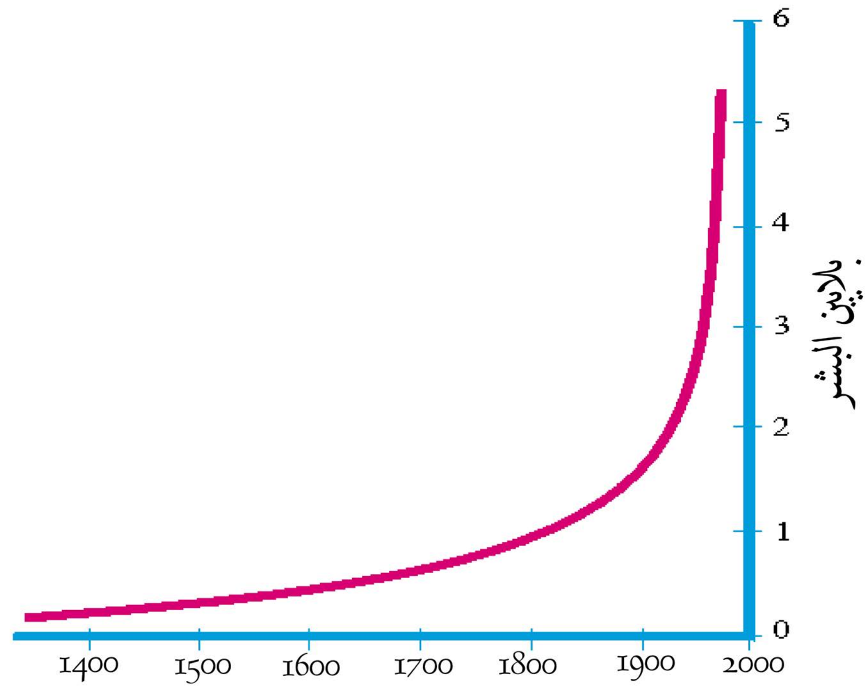
أ. إنتــاج النفــط والغــذاء

في الولايات المتحدة، يلزم ما يقرب من 10 سعرات حرارية من الوقود الأحفوري لإنتاج سعر حراري واحد من الطعام. إذا أخذ التغليف والشحن في الاعتبار في المعادلة، يرفع هذه النسبة بشكل كبير.

هذا التفاوت صار ممكناً بسبب وفرة النفط الرخيص. معظم مبيدات الآفات تعتمد على البترول (النفط)، وجميع الأسمدة التجارية تعتمد على الأمونيا. يجري إنتاج الأمونيا من الغاز الطبيعي، وهو وقود أحفوري يخضع لملف استنفاد مشابه للنفط.

سمح النفط للأدوات الزراعية مثل الجرارات وأنظمة تخزين المواد الغذائية مثل الثلاجات وأنظمة نقل الأغذية مثل الشاحنات. الزراعة القائمة على النفط هي المسؤولة في المقام الأول عن انفجار عدد سكان العالم من بليون في منتصف القرن التاسع عشر إلى 7.753 بليون في عام 2020. مع ارتفاع إنتاج النفط، ارتفع أيضاً إنتاج الغذاء. مع ارتفاع إنتاج الغذاء، ارتفع عدد السكان. مع ارتفاع عدد السكان، ارتفع الطلب على الغذاء، مما أدى إلى زيادة الطلب على النفط.





ازدياد عدد سكان العالم بين عامي 1400–2000 م.

في غضون بضع سنوات من حدوث ذروة النفط، سترتفع أسعار المواد الغذائية بشكل كبير حيث سترتفع تكلفة إنتاجها وتخزينها ونقلها وتعبئتها.



ب. إمـدادات النفــط والميـــاه

النفـط ضـروري أيضـاً لتوصيـل كل مياهنـا العذبـة تقريبـاً. يسـتخدم النفـط لبنـاء وصيانـة قنـوات الميـاه والسـدود والمجـاري والآبـار وكذلـك لضـخ الميـاه التـي تخـرج من صنابيرنـا. كمـا هـو الحـال مـع الطعـام، سـترتفع تكلفـة الميـاه العذبـة مـع ارتفـاع تكلفـة النفـط.

ج. النفـــط والرعايـــة الصحيـــة

يعتبـر النفـط أيضـاً مسـؤولاً إلـى حـد كبيـر عـن التقـدم في الطـب الـذي أحـرز في الـ 150 عامـاً الماضيـة. يسـمح النفـط للإنتـاج الضخـم للأدويـة والمعـدات الجراحيـة وتطويـر البنيـة التحتيـة للرعايـة الصحيـة مثـل المستشـفيات وسـيارات الإسـعاف والطـرق ومـا إلـى ذلـك.

د. النفـــط وكل شــــيء آخـــر

النفـط مطلـوب أيضـاً لـكل عنصـر اسـتهلاكي تقريبـاً، والتخلـص مـن ميـاه الصـرف الصحـي، والتخلـص من القمامـة، وصيانـة الشـوارع والمتنزهـات، والشـرطة، وخدمـات الإطفـاء، والدفـاع الوطنـي. ومـن ثـم، فـإن تداعيـات ذروة النفـط سـتمتد إلـى مـا هـو أبعـد مـن المبلـغ الـذي سـتدفعه مقابـل الغـاز. وبعبـارة بسـيطة، يمكنـك أن تتوقـع: الانهيـار الاقتصـادي، والحـرب، والمجاعـة علـى نطـاق واسـع، والمـوت الجماعـي لسـكان العالـم.

التكســـير الهيدروليـــكي

التكسير الهيدروليكي Hydraulic fracturing، هـو تقنيـة لتحفيـز الآبار وتنطوي علـى تكسير التكوينات الصخرية بوساطة سائل مضغوط.

تتضمـن العملية الحقـن عالـي الضغـط لـ «سـائل التكسير» (الماء الذي يحوي بشكل أساسي على الرمل أو مـواد دعامـة أخرى معلقة بمساعدة عوامل سماكة) في حفرة البئر لخلق شقوق في التكوينات الصخرية العميقة التي يمر من خلالها الغاز الطبيعي والنفط وسوف يتدفق المحلول الملحي بحرية أكبر. وعند إزالة الضغط الهيدروليكي من البئر، فإن الحبيبات الصغيرة من دعامات التكسير الهيدروليكي (إما الرمل أو أكسيد الألومنيوم) تبقي الكسور مفتوحة.

• تاريـــخ الاســـتخدام

يعود استخدام التكسير الهيدروليكي كطريقة لتحفيز آبار الصخر النفطي الضحلة إلى ستينات القرن التاسع عشر. حيث استخدمت تفجيرات الديناميت أو النتروجليسرين لزيادة إنتاج النفط والغاز الطبيعي من التكوينات الحاملة للبترول. في 24 أبريل 1865، حصل المحارب القديم في الحرب الأهلية الأمريكية الكولونيل إدوارد إيه إل روبرتس على براءة اختراع لـ «طوربيد متفجر». وقد استخدم في ولاية بنسلفانيا ونيويورك وكنتاكي وويست فرجينيا باستخدام السائل، وكذلك النتروغليسرين المُصلّب لاحقاً. وفي وقت لاحق طُبّقت الطريقة نفسها على آبار المياه والغاز.

أدخل تحفيز الآبار بالحمض، بدلاً من السوائل المتفجرة، في الثلاثينات. بسبب الحفر الحمضي، فإن الكسور لن تنغلق تماماً مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية.



بدأ التكسير الهيدروليكي كتجربة في عام 1947، وتبع ذلك أول تطبيق ناجح تجارياً في عام 1950. واعتباراً من عام 2012، نفذ 2.5 مليون «وظيفة تكسير هيدروليكي Frac jobs» في جميع أنحاء العالم على آبار النفط والغاز، أكثر من مليون منها داخل الولايات المتحدة.

هذه المعالجة ضرورية بشكل عام لتحقيق معدلات تدفق كافية في آبار الغاز الصخري والغاز الضيق والنفط المحكم وغاز الفحم. يمكن أن تتكون بعض الكسور الهيدروليكية بشكل طبيعي في عروق أو سدود معينة. لقد جعل الحفر والتكسير الهيدروليكي الولايات المتحدة مُصدراً رئيسياً للنفط الخام اعتباراً من عام 2019، لكن تسرب الميثان، وهو أحد غازات الدفيئة القوية، زاد بشكل كبير.

أدت زيادة إنتاج النفط والغاز من طفرة التكسير على مدار عقد من الزمان إلى انخفاض الأسعار بالنسبة للمستهلكين، مع انخفاض حصة دخل الأسرة إلى نفقات الطاقة.

• الآثار الجانبية

مع كثرة استخدامه؛ فإن التكسير الهيدروليكي مثير للجدل إلى حد كبير. يؤكد مؤيدوها الفوائد الاقتصادية للهيدروكربونات التي يمكن الوصول إليها على نطاق واسع، بالإضافة إلى استبدال الغاز الطبيعي بالفحم الطبيعي، الذي يحترق بشكل أكثر نظافة ويقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

ويرى معارضو التكسير الهيدروليكي أن هذه التأثيرات تفوقها التأثيرات البيئية، والتي تشمل تلوث المياه الجوفية والمياه السطحية، والضوضاء وتلوث الهواء، ووقوع الزلازل، إلى جانب المخاطر الناتجة على الصحة العامة والبيئة.



لقد وجدت الأبحاث آثاراً صحية ضارة على السكان الذين يعيشون بالقرب من مواقع التكسير الهيدروليكي، بما في ذلك تأكيد المخاطر الكيميائية والجسدية والنفسية والاجتماعية مثل نتائج الحمل والولادة، والصداع النصفي، والتهاب الجيوب الأنفية المزمن، والتعب الشديد، وتفاقم الربو والضغط النفسي. مطلوب الالتزام بإجراءات التنظيم والسلامة لتجنب المزيد من الآثار السلبية.

يوجد قدر كبير من عدم اليقين بشأن حجم تسرب الميثان المرتبط بالتكسير الهيدروليكي، وحتى بعض الأدلة على أن التسرب قد يلغي فوائد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بالنسبة إلى أنواع الوقود الأحفوري الأخرى. على سبيل المثال، يسلط تقرير صادر عن صندوق الدفاع البيئي (EDF) الضوء على هذه المشكلة، مع التركيز على معدل التسرب في ولاية بنسلفانيا أثناء الاختبارات والتحليلات المكثفة التي عُثر عليها بما يقرب من 10 %، أو أكثر من خمسة أضعاف الأرقام المبلغ عنها. يعتبر معدل التسرب هذا ممثلاً لصناعة التكسير الهيدروليكي في الولايات المتحدة بشكل عام.

• استخدامه مع البترول الصخري

يعود التكسير الهيدروليكي للبترول الصخري Shales إلى عام 1965 على الأقل، عندما بدأ بعض المشغلين في حقل الغاز الكبير ساندي في شرق كنتاكي وجنوب غرب فيرجينيا بتكسير أوهايو شيل وكليفلاند شيل هيدروليكياً باستخدام فتحات صغيرة نسبياً. زادت وظائف التكسير الهيدروليكي بشكل عام من الإنتاج، خاصة من الآبار ذات العائد المنخفض.



في عام 1976، بدأت حكومة الولايات المتحدة مشروع الغاز الصخري الشرقي، والذي تضمن العديد من المشروعات الإيضاحية للتكسير الهيدروليكي بين القطاعين العام والخاص. خلال الفترة نفسها، تلقى معهد أبحاث الغاز، وهو اتحاد أبحاث في صناعة الغاز، الموافقة على البحث والتمويل من اللجنة الفيدرالية لتنظيم الطاقة.

في عام 1997، قام نيك شتاينسبرغر، مهندس شركة ميتشل للطاقة (حالياً جزء من ديفون إنيرجي)، بتطبيق تقنية تكسير المياه الزلقة، باستخدام المزيد من المياه وضغط المضخة أعلى من تقنيات التكسير السابقة، والتي كانت تستخدم في شرق تكساس في بارنيت شيل في شمال تكساس.

في عام 1998، أثبتت التقنية الجديدة نجاحها عند أول 90 يوماً من إنتاج الغاز من البئر المسمى S.H. تجاوز غريفين Griffin رقم 3 إنتاج أي من الآبار السابقة للشركة. جعلت تقنية الإكمال الجديدة استخراج الغاز اقتصادياً على نطاق واسع في بارنيت شيل Barnett Shale، وطبق لاحقاً على الصخور الصخرية الأخرى، بما في ذلك إيغل فورد Eagle Ford وباكن شيل Bakken Shale.

لقد أطلق على جورج بي ميتشل لقب «أبو التكسير» بسبب دوره في تطبيقها في البترول الصخري. حيث حفر أول بئر أفقي في بارنيت شيل في عام 1991، ولكن لم يجر القيام به على نطاق واسع في بارنيت حتى جرى إثبات إمكانية استخلاص الغاز اقتصادياً من الآبار الرأسية في بارنيت.

اعتباراً من عام 2013، طبق التكسير الهيدروليكي الضخم على نطاق تجاري على البترول الصخري في الولايات المتحدة وكندا والصين. العديد من البلدان الأخرى تخطط لاستخدام التكسير الهيدروليكي.

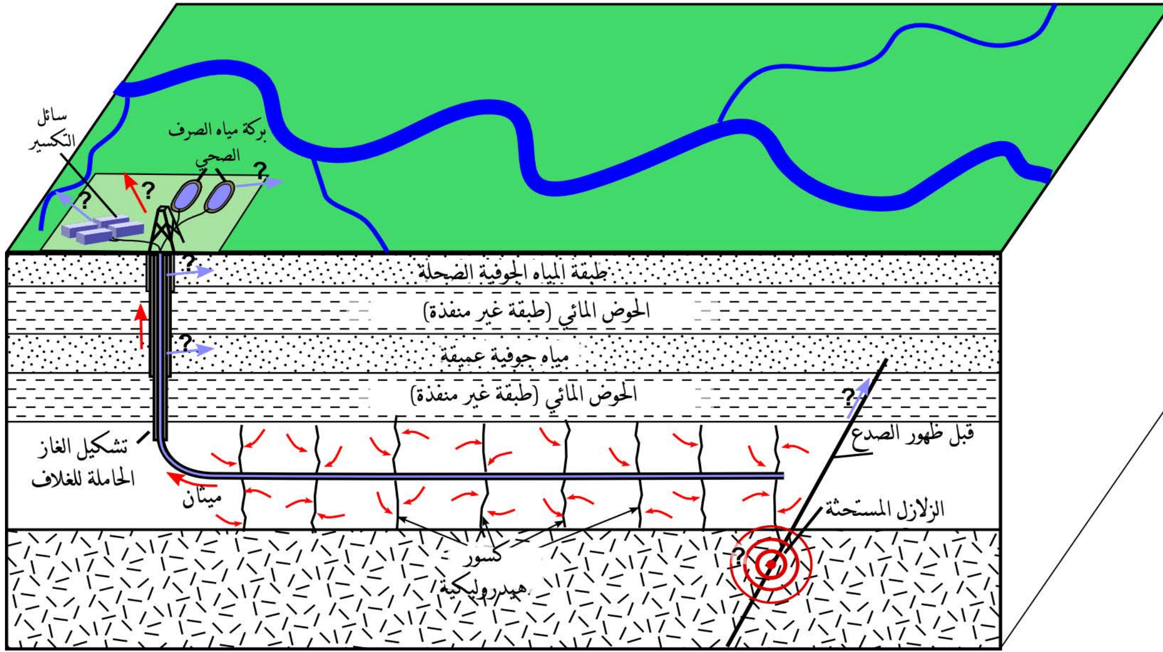


• الزلازل المستحثة الناتجة عن التكسير الهيدروليكي

تحدث الزيادات في النشاط الزلزالي بعد التكسير الهيدروليكي على طول الصدوع الخاملة أو غير المعروفة سابقاً بسبب الحقن العميق للتخلص من تدفق التكسير الهيدروليكي (منتج ثانوي للآبار المكسورة هيدروليكياً)، ومحلول ملحي ناتج (منتج ثانوي لكل من النفط والغاز المكسور وغير المكسور) عن الآبار. لهذه الأسباب، يخضع التكسير الهيدروليكي للتدقيق الدولي، وهو مقيد في بعض البلدان، ومحظور تماماً في بلدان أخرى. يقوم الاتحاد الأوروبي بصياغة لوائح من شأنها أن تسمح بالتطبيق الخاضع للرقابة للتكسير الهيدروليكي.

بالنسبة للتطبيقات الأكثر تقدماً، تُستخدم المراقبة الزلزالية الدقيقة Microseismic Monitoring أحياناً لتقدير حجم واتجاه الكسور المستحثة. يتم قياس النشاط الزلزالية الدقيقة عن طريق وضع مجموعة من الجيوفونات في حفرة بئر قريبة. من خلال تعيين موقع أي أحداث زلزالية صغيرة مرتبطة بالكسر المتزايد، يجري استنتاج الهندسة التقريبية للكسر. توفر مصفوفات مقياس الميل المنتشرة على سطح البئر أو أسفله تقنية أخرى لمراقبة الإجهاد.





يشبه رسم الخرائط الزلزالية الدقيقة لعملية التكسير الهيدروليكي إلى حد بعيد علم الزلازل من الناحية الجيوفيزيائية. في علم الزلازل، تسجل مقاييس الزلازل المنتشرة على سطح الأرض أو بالقرب منه موجات S وموجات P التي تطلق أثناء حدث زلزال.

تسمح هذه المراقبة بتقدير الحركة على طول مستوى الصدع وموقعه في خريطة باطن الأرض. التكسير الهيدروليكي، زيادة إجهاد التكوين المتناسب مع ضغط التكسير الصافي، بالإضافة إلى زيادة ضغط المسام بسبب التسرب.

يجري إنشاء ضغوط الشد قبل طرف الكسر، مما يؤدي إلى توليد كميات كبيرة من إجهاد القص. تتحد الزيادات في ضغط المياه المسامية وفي إجهاد التكوين وتؤثر على نقاط الضعف بالقرب من الكسر الهيدروليكي، مثل الكسور الطبيعية والمفاصل وطبقات الفراش.



الأساليب المختلفة لها مزايا وأخطاء موقع مختلفة. تعتمد دقة رسم خرائط الأحداث الزلزالية الدقيقة على نسبة الإشارة إلى الضوضاء وتوزيع المستشعرات. يجري تحسين دقة الأحداث التي تقع عن طريق الانعكاس الزلزالي من خلال أجهزة الاستشعار الموضوعة في عدد من سموت البئر المرصودة. في موقع مجموعة قاع البئر، وتتحسّن دقة الأحداث من خلال الاقتراب من البئر المرصود (نسبة إشارة إلى ضوضاء عالية).

صارت مراقبة الأحداث الزلزالية الدقيقة الناتجة عن تحفيز الخزان جانباً رئيسياً في تقييم الكسور الهيدروليكية، وتحسينها. الهدف الرئيسي من مراقبة الكسر الهيدروليكي هو التوصيف الكامل لبنية الكسر المستحث وتوزيع الموصلية داخل التكوين.

يساعد التحليل الجيوميكانيكي، مثل فهم خصائص مواد التكوينات، والظروف في الموقع، والهندسة، في المراقبة من خلال توفير تعريف أفضل للبيئة التي تنتشر فيها شبكة التصدع. المهمة اللاحقة هي معرفة موقع مادة الدعم داخل الكسر وتوزيع موصلية الكسر. يمكن مراقبة ذلك باستخدام أنواع متعددة من التقنيات لتطوير نموذج يمكننا أخيراً من التنبؤ بدقة بأداء البئر.



• التأثيـر البيئي للتكســير الهيدروليكــي

يرتبط التأثير البيئي للتكسير الهيدروليكي باستخدام الأراضي واستهلاك المياه، وانبعاثات الهواء، بما في ذلك انبعاثات الميثان، ومحلول ملحي وتسرب مائع التكسير، وتلوث المياه، وتلوث الضوضاء، والصحة. يعد تلوث المياه والهواء من أكبر المخاطر التي تهدد صحة الإنسان من جراء التكسير الهيدروليكي. حددت الأبحاث أن التكسير الهيدروليكي يؤثر سلباً على صحة الإنسان ويؤدي إلى تغير المناخ.

تشتمل سوائل التكسير الهيدروليكي على مواد داعمة ومواد أخرى، والتي تشتمل على مواد كيميائية معروفة بأنها سامة، بالإضافة إلى مواد كيميائية غير معروفة قد تكون سامة. في الولايات المتحدة، يمكن معاملة هذه المواد المضافة كأسرار تجارية من قبل الشركات التي تستخدمها. أدى نقص المعرفة بمواد كيميائية معينة إلى تعقيد الجهود المبذولة لتطوير سياسات إدارة المخاطر ودراسة الآثار الصحية.

يمكن أن يكون استخدام المياه عن طريق التكسير الهيدروليكي مشكلة في المناطق التي تعاني من نقص المياه. قد تتلوث المياه السطحية من خلال الانسكاب وحفر النفايات التي جرى بناؤها وصيانتها بشكل غير صحيح، في الولايات القضائية التي يُسمح فيها بذلك.

علاوة على ذلك، يمكن أن تتلوث المياه الجوفية إذا كانت سوائل التكسير وسوائل التكوين قادرة على الهروب أثناء التكسير الهيدروليكي. ومع ذلك، فإن احتمالية تلوث المياه الجوفية من انتقال مائع التكسير إلى أعلى ضئيلة جداً، حتى في فترة طويلة الأجل.



يجري إدارة المياه المنتجة، وهي المياه التي تعود إلى السطح بعد التكسير الهيدروليكي، عن طريق الحقن تحت الأرض، ومعالجة مياه الصرف الصحي البلدية والتجارية، وإعادة استخدامها في الآبار المستقبلية. هناك احتمال أن يتسرب الميثان إلى المياه الجوفية والهواء، مع أن تسرب غاز الميثان يمثل مشكلة أكبر في الآبار القديمة منه في تلك التي جرى بناؤها بموجب تشريعات أحدث.

ذكرنا سابقاً أن التكسير الهيدروليكي يتسبب في حدوث الزلازل المستحثة والتي تسمى الأحداث الزلزالية الدقيقة. حجم هذه الأحداث صغير جداً بحيث لا يمكن اكتشافه على السطح، حيث يكون حجمه من M-3 إلى M-1 عادةً. ومع ذلك، فإن آبار التخلص من السوائل (التي غالباً ما تستخدم في الولايات المتحدة للتخلص من النفايات الملوثة من العديد من الصناعات) كانت مسؤولة عن الزلازل حتى M 5.6 في أوكلاهوما وولايات أخرى.

تعمل الحكومات في جميع أنحاء العالم على تطوير أطر تنظيمية لتقييم وإدارة المخاطر البيئية والصحية المرتبطة بها، والعمل تحت ضغط من الصناعة من ناحية، ومن مجموعات مكافحة التكسير الهيدروليكي من ناحية أخرى.

في بعض البلدان مثل فرنسا يفضل النهج الاحترازي وحظر التكسير الهيدروليكي. يستند الإطار التنظيمي للمملكة المتحدة إلى استنتاج مفاده أن المخاطر المرتبطة بالتكسير الهيدروليكي يمكن التحكم فيها إذا نفذت في ظل تنظيم فعال وإذا نفذت أفضل الممارسات التشغيلية. لقد اقترح مؤلفو الدراسات الوصفية أنه من أجل تجنب المزيد من الآثار السلبية، من الضروري زيادة الالتزام بالتنظيم وإجراءات السلامة.



البتـــرول الصخـــري وتقنياتـــه

الصخـر النفطـي Oil shale هـو صخـر رسـوبي غنـي بالمـواد العضويـة دقيـق الحبيبـات يحـوي علـى الكيروجـين Kerogen (خليـط صلـب مـن المركبـات الكيميائيـة العضويـة) يمكـن مـن خلالـه إنتـاج الهيدروكربونـات السـائلة. بالإضافـة إلـى الكيروجـين، فـإن التركيـب العـام للصخـر النفطـي يشـكل مـادة غيـر عضويـة وقـار.



نتوء من الصخر النفطي الأوردوفيشي (kukersite)، شمال إستونيا.

بنـاءً علـى بيئـة الترسـيب الخاصـة بهـم، يتـم تصنيـف الصخـر النفطـي علـى أنـه صخـور نفطيـة بحريـة وبحيريـة وأرضيـة. تختلـف الصخـر النفطـي عـن الصخـور الحاملـة للنفـط، ورواسـب الصخـر النفطـي التـي تحـوي علـى البتـرول (النفـط الضيـق) الـذي يجـري إنتاجـه أحيانـاً مـن الآبـار المحفـورة.



من الأمثلة على الصخر النفطي هي تشكيل باكن، بيير شيل، تشكيل نيوبرارا، وتشكيل إيغل فورد. وفقاً لذلك، لا ينبغي الخلط بين النفط الصخري المنتج من الصخر النفطي والنفط الضيق، والذي يُطلق عليه أيضاً اسم النفط الصخري.

تحدث رواسب الصخر النفطي في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك الرواسب الرئيسية في الولايات المتحدة. حددت تقديرات عام 2016 للودائع العالمية إجمالي موارد العالم من الصخر النفطي بما يعادل 6.05 تريليون برميل (962 بليون متر مكعب) من النفط في المكان.

اكتسب الصخر النفطي الاهتمام كمصدر وفير محتمل للنفط. ومع ذلك، فإن المحاولات المختلفة لتطوير رواسب الصخر النفطي حققت نجاحاً محدوداً. تمتلك إستونيا والصين فقط صناعات صخرية نفطية راسخة، وتستخدم البرازيل وألمانيا وروسيا الصخر النفطي إلى حد ما.

يمكن حرق الصخر النفطي مباشرة في الأفران كوقود منخفض الدرجة لتوليد الطاقة وتدفئة المناطق أو استخدامه كمادة خام في معالجة المواد الكيميائية ومواد البناء.

يؤدي تسخين الصخر النفطي إلى درجة حرارة عالية بدرجة كافية إلى أن ينتج عن العملية الكيميائية للتحلل الحراري بخار. عند تبريد البخار، يُفصل النفط السائل غير التقليدي، المسمى بالنفط الصخري، عن غاز الصخر النفطي القابل للاحتراق.

يعتبر النفط الصخري بديلاً عن النفط الخام التقليدي؛ ومع ذلك، فإن استخراج النفط الصخري أكثر تكلفة من إنتاج النفط الخام التقليدي من



الناحية المالية ومن ناحية تأثيره البيئي. يثير تعدين ومعالجة الصخر النفطي عدداً من المخاوف البيئية، مثل استخدام الأراضي، والتخلص من النفايات، واستخدام المياه، وإدارة مياه الصرف الصحي، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتلوث الهواء.

• استخراج النفط الصخري

استخراج النفط الصخري هو عملية صناعية لإنتاج النفط غير التقليدي. تحول هذه العملية الكيروجين في الصخر النفطي إلى نفط صخري عن طريق الانحلال الحراري أو الهدرجة. يستخدم النفط الصخري الناتج كنفط وقود جرى ترقيته لتلبية مواصفات مواد التكرير عن طريق إضافة الهيدروجين وإزالة شوائب الكبريت والنيتروجين.

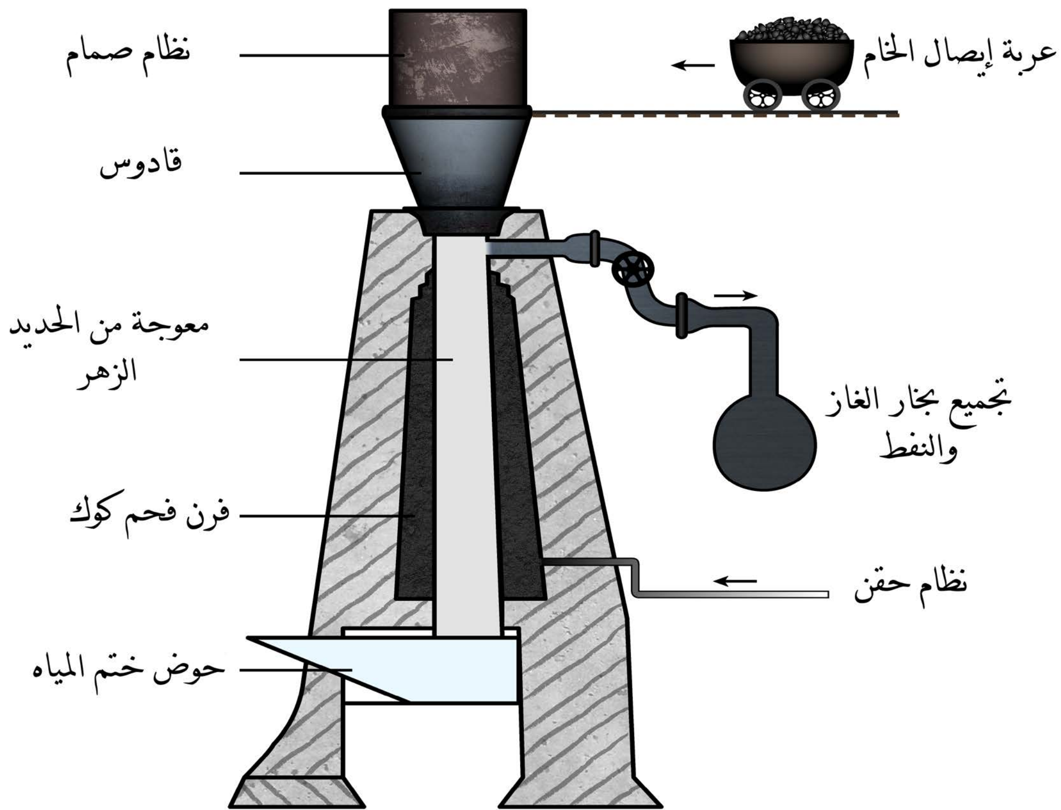
عادة ما يجري استخراج النفط الصخري فوق الأرض (معالجة خارج الموقع) عن طريق تعدين الصخر النفطي ثم معالجته في منشآت المعالجة. تقوم التقنيات الحديثة الأخرى بالمعالجة تحت الأرض (في الموقع أو في الموقع) عن طريق تطبيق الحرارة واستخراج النفط عبر آبار النفط.

يرجع أقدم وصف للعملية إلى القرن العاشر للميلاد. وفي عام 1684، منحت بريطانيا العظمى أول براءة اختراع رسمية لعملية الاستخراج. انتشرت صناعات الاستخراج والابتكارات على نطاق واسع خلال القرن التاسع عشر.

تقلصت الصناعة في منتصف القرن العشرين بعد اكتشاف احتياطيات كبيرة من النفط التقليدي، لكن ارتفاع أسعار البترول في بداية القرن الحادي والعشرين أدى إلى تجدد الاهتمام، مصحوباً بتطوير واختبار تقنيات جديدة.



اعتباراً من عام 2010، تعمل الصناعات الاستخراجية الرئيسية طويلة الأمد في إستونيا والبرازيل والصين. عادة ما تتطلب جدواها الاقتصادية الافتقار إلى النفط الخام المتاح محلياً. أدت قضايا أمن الطاقة الوطنية أيضاً دوراً في تطويرها. يطرح منتقدو استخراج النفط الصخري أسئلة حول قضايا الإدارة البيئية، مثل التخلص من النفايات، والاستخدام المكثف للمياه، وإدارة مياه الصرف الصحي، وتلوث الهواء.



كانت معوجة ألكسندر سي كيرك، التي استخدمت في منتصف القرن التاسع عشر إلى أواخره، واحدة من أولى المعالجات العمودية للصخر النفطي. تصميمه نموذجي من المعالجات المستخدمة في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين.



• تصنيف تقنيات استخراج النفط الصخري

أنشأ محللو الصناعة عدة تصنيفات للتقنيات المستخدمة لاستخراج النفط الصخري من الصخر النفطي.

1. حسب مبادئ العملية

بناءً على معالجة الصخر النفطي الخام بالحرارة والمذيبات، تصنف الطرائق على أنها انحلال حراري أو هدرجة.

2. حسب الموقع

يعتبر التمييز المستخدم بشكل متكرر ما إذا كانت المعالجة تجري فوق الأرض أو تحتها، ويصنف التقنيات على نطاق واسع على أنها خارج الموقع (مزاحة أو في الموقع (في المكان). في المعالجة خارج الموقع، والمعروفة أيضاً باسم معوجة فوق الأرض، يستخرج الصخر النفطي إما تحت الأرض أو على السطح ثم ينقل إلى منشأة معالجة.

على النقيض من ذلك، فإن المعالجة في الموقع تحول الكيروجين في حين لا يزال في شكل رواسب الصخر النفطي، وبعد ذلك يستخرج عبر آبار النفط، حيث يرفع بطريقة النفط الخام التقليدي نفسها. على عكس المعالجة خارج الموقع، فهي لا تنطوي على التعدين أو التخلص من الصخر النفطي المستهلك فوق الأرض حيث يبقى الصخر النفطي المستهلك تحت الأرض.

لكن هناك مزايا وعيوب مرتبطة بالعمليات، والمتطلبات، والمنتجات والجودة، والآثار البيئية المرتبطة بتطبيق التقنيات في الموقع مقابل نهج معوجة السطح حيث:



- يجري تقليل مناولة المواد بشكل كبير حيث يتصل فقط بالمحتوى العضوي للصخر النفطي، وليس الجسم الخام بكامله، وينتج على السطح. لا توجد أعباء زائدة للتعدين، ولا يوجد تعدين تحت السطح قليل أو معدوم، ولا يوجد صخر نفطي مستنفد يمكن التخلص منه.
- في الرواسب العميقة والسميكة، حيث تكون الأساليب الموضعية أكثر قابلية للتطبيق، يمكن الاتصال بالمزيد من المورد وتسخينه، مع أنه سيجري استرداد القليل من المنتجات.
- يتخلص إلى حد كبير من متطلبات المياه للتعدين والاستصلاح والتحكم في الغبار والتخلص من الصخر النفطي المستهلك.
- يمكن تحسين كفاءات الطاقة الصافية للعملية المتكاملة – من الوصول إلى الموارد واستعادتها، من خلال إعادة التدوير والارتقاء – إلى التخلص من النفايات مقارنة ببعض عمليات التعدين السطحي وعمليات إعادة التشكيل.
- انبعاثات المعايير يمكن تقليل ملوثات الهواء بشكل كبير.
- اعتماداً على مصدر طاقة التدفئة، يمكن أيضاً تقليل انبعاثات الكربون في دورة الحياة.
- ستقل التأثيرات السطحية على موائل الحياة البرية، بما في ذلك تلك الناجمة عن الضوضاء، بسبب نقص نشاط التعدين، أو متطلبات تخزين الحمولة الزائدة والصخر النفطي والصخر النفطي المستهلك.
- يمكن تجنب التأثيرات المحتملة على المياه السطحية والجوفية للسائل المرتشح الناتج عن الأعباء الزائدة والصخر النفطي والنفط الصخري المستهلك.



1. طريقــة التســخين

يمكـن تصنيـف طريقـة نقـل الحـرارة مـن منتجـات الاحتـراق إلـى الصخـر النفطـي علـى أنهـا مباشـرة أو غيـر مباشـرة. في حـين أن الطرائـق التـي تسـمح لمنتجـات الاحتـراق بالاتصـال بالصخـر النفطـي داخـل المعوجـة تصنـف علـى أنهـا مباشـرة، فـإن الطرائـق التـي تحـرق المـواد خـارج المعوجـة لتسـخين مـادة أخـرى تلامـس الصخـر النفطـي توصـف بأنهـا غيـر مباشـرة.

2. طريقــة حامــل الحـــرارة

استناداً إلـى المـواد المستخدمة لتوصيل الطاقة الحرارية إلـى الصخـر النفطي، صنفت تقنيـات المعالجـة إلـى ناقـل حـرارة الغـاز، وناقـل الحـرارة الصلـب، والتوصيل الجـداري، والسـائل التفاعلـي، وطـرق التسـخين الحجمـي. يمكـن تصنيـف طرائـق ناقـل الحـرارة علـى أنهـا مباشـرة أو غيـر مباشـرة.

3. حســب حجم جزيئات الصخر النفطي الخــام

يمكـن تمييـز تقنيـات المعالجـة المختلفـة خـارج الموقـع عـن طريـق حجـم جزيئـات الصخـر النفطـي التـي يجـري تغذيتهـا في المعالجـات. كقاعـدة عامـة، تعالـج تقنيـات ناقـل الحـرارة الغـازي كتـل الصخـر النفطـي التـي يتـراوح قطرهـا مـن 10 إلـى 100 ملـم، بينمـا تعالـج تقنيـات ناقـل الحـرارة الصلـب وتوصيـل الجـدار الغرامـات التـي تكـون جزيئـات قطرهـا أقـل مـن 10 ملـم.



4. عن طريــق معوجــة التوجــه

تُصنف تقنيات «خارج الموقع» أحياناً على أنها رأسية أو أفقية. عادة ما تكون المعوجات العمودية عبارة عن أفران عمودية حيث تتحرك طبقة من الصخر النفطي من أعلى إلى أسفل بوساطة الجاذبية. عادةً ما تكون المعوجات الأفقية عبارة عن براميل أو براغي دوارة أفقية حيث يتحرك الصخر النفطي من طرف إلى آخر. كقاعدة عامة، تقوم عمليات التجعيد الرأسية بمعالجة الكتل باستخدام ناقل حرارة غاز، بينما تقوم عمليات التجعيد الأفقية بمعالجة الغرامات باستخدام ناقل حرارة صلب.

5. من خــلال تعقيــد التكنولوجيــا

عادة ما تصنف التقنيات في الموقع إما على أنها عمليات حقيقية في الموقع أو عمليات معدلة في الموقع. لا تتضمن العمليات الحقيقية في الموقع التعدين أو طحن الصخر النفطي. تتضمن العمليات المعدلة في الموقع حفر وتكسير الرواسب النفطية المستهدفة لإنشاء فراغات في الرواسب. تتيح الفراغات تدفقاً أفضل للغازات والسوائل من خلال الرواسب، ومن ثم زيادة حجم ونوعية النفط الصخري المنتج.



• التأثير البيئي لصناعة الصخر النفطي

يشمل التأثير البيئي لصناعة الصخر النفطي النظر في قضايا مثل استخدام الأراضي، وإدارة النفايات، وتلوث المياه والهواء الناجم عن استخراج ومعالجة الصخر النفطي.

يتسبب التعدين السطحي لرواسب الصخر النفطي في الآثار البيئية المعتادة للتعدين في الأماكن المفتوحة. بالإضافة إلى ذلك، ينتج عن الاحتراق والمعالجة الحرارية نفايات يجب التخلص منها وانبعاثات ضارة في الغلاف الجوي، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون، أحد غازات الدفيئة الرئيسية.

قد تقلل عمليات التحويل التجريبية في الموقع وتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه من بعض هذه المخاوف في المستقبل، ولكنها قد تثير مخاوف أخرى، مثل تلوث المياه الجوفية.



غالباً ما يمثل الصخر النفطي المستنفد مشكلة التخلص منه.



عصـــر النفـــط (نبذة تاريخية)

يشير عصر النفط Oil Age، المعروف أيضاً باسم عصر البترول أو عصر ازدهار النفط، إلى عصر في تاريخ البشرية يتميز بزيادة استخدام البترول في المنتجات والوقود. مع أن البترول غير المكرر استخدم لأغراض مختلفة منذ العصور القديمة، فقد طوّر تقنيات التكرير وإنشاء محركات البنزين خلال القرن التاسع عشر.

ومع استخدام النفط الخام لعدة أغراض لآلاف السنين، إلا أن عصر النفط قد بدأ في القرن التاسع عشر مع تقدم تقنيات الحفر، بالإضافة إلى معالجة المنتجات المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي. ويمكن تحديد عمر النفط في الفترة الأولى حتى أوائل القرن العشرين، عندما زاد استهلاك النفط واستخدام محركات الاحتراق.

لقد بُني المجتمع الصناعي المعاصر إلى حد كبير على الموارد البترولية، ولكن مستقبل عصر النفط صار مثيراً للجدل بشكل متزايد عندما صارت تأثيرات تغير المناخ واضحة، وازداد استخدام مصادر الطاقة البديلة.

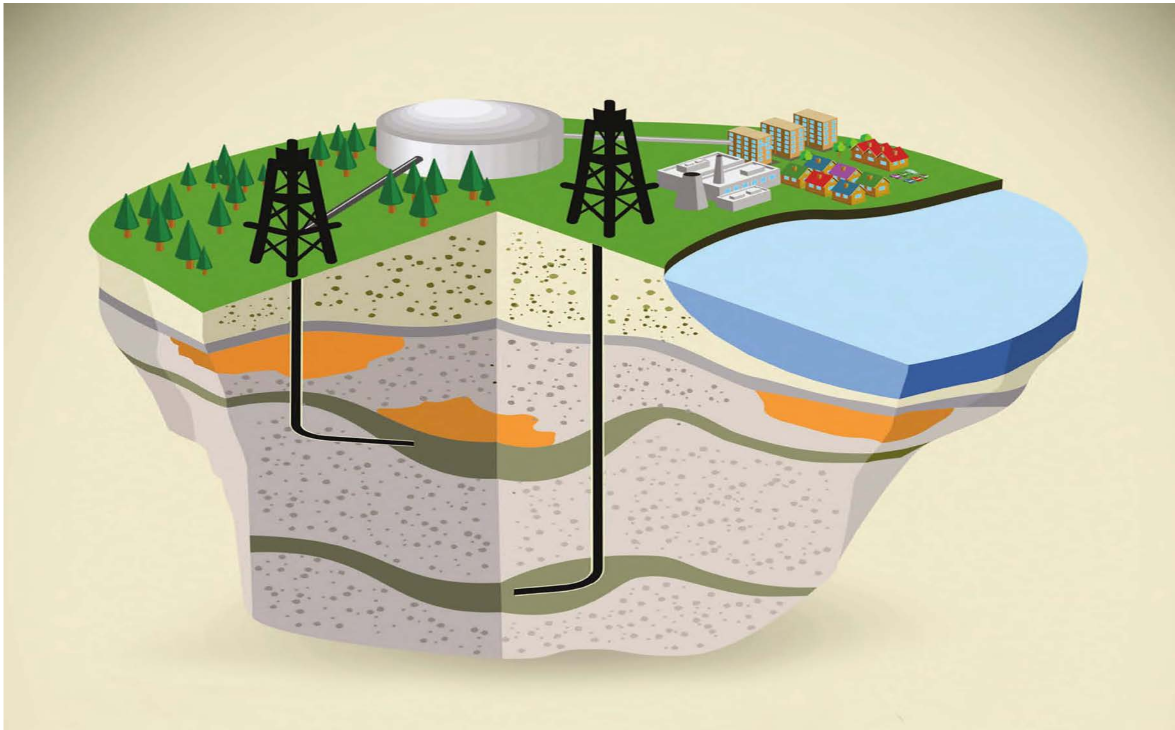
منذ بداية الثورة الصناعية، استخدم الوقود الأحفوري كمصادر للطاقة. بدأ استخدام الفحم على نطاق واسع بعد عام 1800 وسيبقى المصدر المهيمن للوقود في القرن العشرين. ومع ذلك، هناك حدثان مهدا الطريق لعصر النفط:

- الأول كان في عام 1846، عندما اخترع أبراهام جيسنر الكيروسين الذي يُصنّع من المواد الخام للفحم والبترول كوقود للإنارة.



❖ الثاني كان في عام 1859، عندما اخترع إدوين دريك أول عملية حفر حديثة لآبار النفط العميقة.

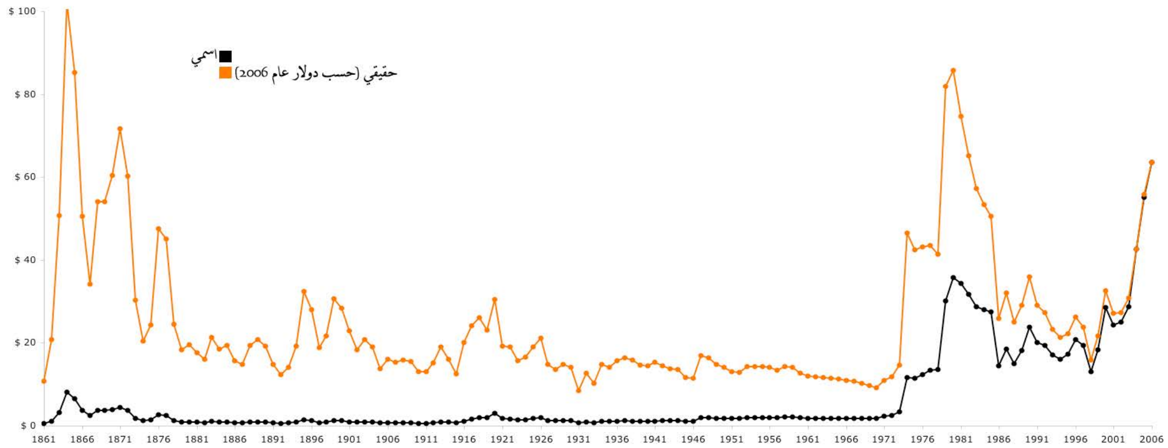
ثم أسس جون دافيسون روكفلر شركة Standard Oil Company، التي هيمنت على صناعة النفط وكانت أول علامة تجارية كبيرة في الولايات المتحدة. في عام 1870، أسس شركة ستاندرد أويل وأدارها بقوة حتى تقاعده رسمياً في عام 1897. ثم طور كارل فريدريش بنز سيارة تعمل بالبنزين في عام 1878، وفي عام 1879 حصل على براءة اختراع للسيارة العملية. كان لاختراع محرك الاحتراق الداخلي التأثير الأكبر في زيادة أهمية البترول.



بئر النفط هو حفرة في الأرض مصمم لجلب هيدروكربونات زيت البترول إلى السطح. عادة ما ينطلق بعض الغاز الطبيعي كغاز بترولي مصاحب للنفط.

يُعتقد عموماً أن بداية العصر الحديث للنفط كانت في عام 1901 مع إضراب سبيندلتوب بوساطة مستكشف النفط الكرواتي أنطون لوتشيتش وتكسان باتيلو هايجينز، بالقرب من بومونت، في تكساس في الولايات المتحدة التي أطلقت إنتاج النفط على نطاق واسع وسرعان ما أنتجت المنتجات البترولية متوفرة على نطاق واسع.

منذ الستينات والسبعينات من القرن الماضي، عندما بلغ إنتاج النفط ذروته في العديد من الدول الصناعية، كان موضوع التكهنات المتكرر بين العلماء هو متى سيبلغ الإنتاج العالمي ذروته، وكذلك متى وكيف سينتهي عصر النفط في النهاية. وفقاً لبعض التعريفات، يُعرّف العصر بأنه ينتهي عند النقطة التي يتجاوز فيها الاستهلاك الإنتاج المتناقص مما يجعل استخدامه غير مربح أو مستحيلاً.



أسعار النفط بين عامي 1861 - 2007.



• نفــــط معاصـــــــر

مع بزوغ فجر ما يسمى بالعصر الذري، اعتقد العديد من المراقبين في منتصف القرن العشرين أن عصر النفط يقترب بسرعة من نهايته. لم يتحقق التغيير السريع للطاقة الذرية المتصور خلال هذه الفترة أبداً، ويرجع ذلك جزئياً إلى المخاوف البيئية التي أعقبت الحوادث البارزة مثل حادث جزيرة ثري مايل عام 1979 وكارثة تشيرنوبيل عام 1986.

• التاريــــخ المبكـــــر

بحسب المؤرخ هيرودوت، قبل أكثر من أربعة آلاف عام، كان الإسفلت الطبيعي يستخدم في بناء أسوار وأبراج بابل، وقد وُجدت كميات كبيرة منه على ضفاف نهر أسوس، أحد روافد نهر الفرات، وهذه الحقيقة أكدها ديدوروس الصقلي Diodorus Siculus. كما ذكر هيرودوت نبع الزفت على زاكينثوس (الجزر الأيونية، اليونان). أيضاً، وصف هيرودوت بئراً للقار (نفط كثيف جداً) والنفط بالقرب من أرديريكا Ardericca في سيسيا.

في الصين، استخدم البترول منذ أكثر من 2000 عام. في آي شينغ I Ching، واحدة من أقدم الكتابات الصينية التي تستشهد باستخدام النفط في حالته الخام دون تكرير قد اكتشف واستخرج واستخدم لأول مرة في الصين في القرن الأول قبل الميلاد. بالإضافة إلى ذلك، كان الصينيون أول من استخدم البترول كوقود منذ القرن الرابع قبل الميلاد.



لقد حُفرت أقدم آبار النفط المعروفة في الصين في 347 م أو قبل ذلك. كان لها أعماق تصل إلى نحو (240 متراً) وجرى حفرها باستخدام قطع متصلة بأعمدة من الخيزران. حُرق النفط لتبخير المحلول الملحي وإنتاج الملح. في القرن العاشر، ربطت أنابيب الخيزران الواسعة آبار النفط وينابيع الملح.

يقال إن السجلات القديمة للصين واليابان تحوي على العديد من الإشارات إلى استخدام الغاز الطبيعي للإضاءة والتدفئة. كان البترول يُعرف بحرق المياه في اليابان في القرن السابع. في كتابه (مقالات دريم بول Dream Pool Essays) الذي كتب عام 1088، صاغ العالم ورجل الدولة شين كو من أسرة سونغ كلمة (Shíyóu)، التي تعني حرفياً «نفط الصخور») للبترول، والتي لا تزال المصطلح المستخدم في اللغة الصينية واليابانية المعاصرة (Sekiyu).

لقد رُصفت شوارع بغداد الأولى بالقطران المشتق من البترول الذي صار يمكن الوصول إليه من الحقول الطبيعية في المنطقة. في القرن التاسع للميلاد، جرى استغلال حقول النفط في المنطقة المحيطة بباكو الحديثة بأذربيجان. وصف هذه الحقول الجغرافي العربي أبو الحسن علي المسعودي في القرن العاشر الميلادي، وماركو بولو في القرن الثالث عشر، الذي وصف مخرجات هذه الآبار بمئات من حمولات السفن. كما وصف الكيميائيون العرب تقطير البترول بالتفصيل مثل محمد بن زكريا الرازي في القرن التاسع للميلاد.

كان هناك إنتاج لمواد كيميائية مثل الكيروسين في الإنبيق، والتي كانت تستخدم أساساً لمصابيح الإضاءة. كما قام الكيميائيون العرب بتقطير النفط الخام لإنتاج منتجات قابلة للاشتعال للأغراض العسكرية. من خلال إسبانيا الإسلامية، صار التقطير متاحاً في أوروبا الغربية في القرن الثاني عشر. كما أنها كانت موجودة في رومانيا منذ القرن الثالث عشر، وجرى تسجيلها باسم باكورا păcură.



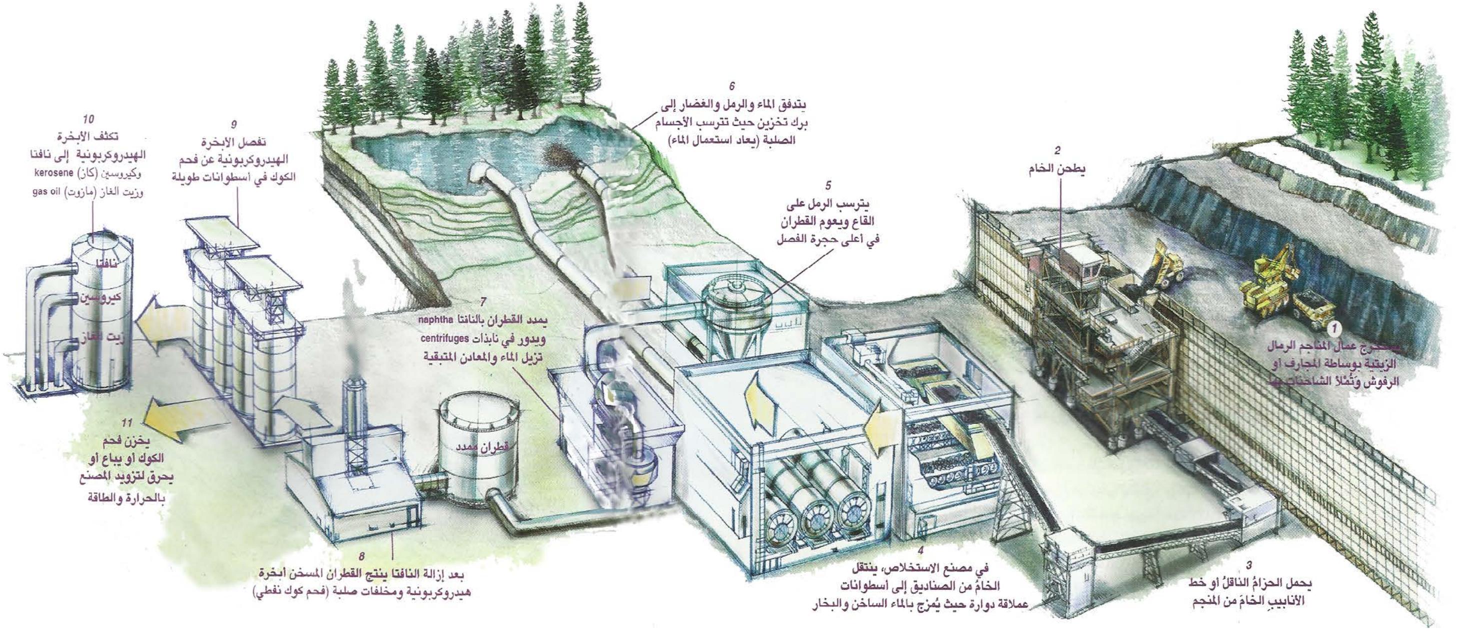
أقدم ذكر للبترول في الأمريكتين ورد في سرد السير والتر رالي لبحيرة ترينيداد بيتش في عام 1595؛ بينما بعد سبعة وثلاثين عاماً، نُشر تقرير زيارة الفرنسيسكان جوزيف دي لاروش داليون إلى الينابيع النفطية في نيويورك في كتاب غابرييل ساجارد هوستوار دو كندا. أظهر السويدي الفنلندي المولد بيتر كام، وهو عالم وطالب كارل لينيوس، في عمله رحلات إلى أمريكا الشمالية التي نُشرت لأول مرة في عام 1753 على خريطة ينابيع النفط في ولاية بنسلفانيا.

في عام 1710 أو 1711 (تختلف المصادر) اكتشف الطبيب السويسري المولد والمعلم اليوناني إيريني ديريني (Eirini d'Eirinis) الأسفلت في Val-de-Travers (نوشاتيل). أنشأ منجماً للبيتومين دي لا بريستا هناك في عام 1719 والذي كان يعمل حتى عام 1986.

في عام 1745 في عهد الإمبراطورة إليزابيث الروسية، جرى بناء أول بئر نفط ومصفاة في أوختا بوساطة فيودور بريادونوف. من خلال عملية تقطير «النفط الصخري» حصل على مادة تشبه الكيروسين، والتي كانت تستخدم في مصابيح النفط من قبل الكنائس والأديرة الروسية (مع أن الأسر كانت لا تزال تعتمد على الشموع).

جرى استخراج الرمال النفطية من عام 1745 في ميركويلر بيتشيلبرون Merkwiller-Pechelbronn، في الألزاس تحت إشراف لويس بيير أنسيلون دي لا سابلونيير Louis Pierre Ancillon de la Sablonnière، بتعيين خاص من لويس الخامس عشر. كان حقل نفط بيتشيلبرون نشطاً حتى عام 1970، وكان مسقط رأس شركات مثل أنتار Antar وشلمبرغير Schlumberger. وجرى بناء أول مصفاة حديثة هناك عام 1857.





مراحل استخراج النفط الرملي.

• التاريخ الحديث

بدأ التاريخ الحديث للبترول في القرن التاسع عشر بتكرير البارافين من النفط الخام. لاحظ الكيميائي الأسكتلندي جيمس يونغ في عام 1847 تسرباً طبيعياً للنفط في منجم ريدنغس في ألفريتون، ديربيشاير فقام بتقطير نفط خفيف رقيق مناسب للاستخدام كنفط مصباح، وفي الوقت نفسه حصل على نفط أكثر سمكاً مناسباً لآلات التشحيم.

كانت الزيوت الجديدة ناجحة، لكن سرعان ما بدأ توريد النفط من منجم الفحم (الذي استنفد في النهاية في عام 1851). يونغ، الذي لاحظ أن النفط كان يقطر من سطح الحجر الرملي لمنجم الفحم، افترض أنه نشأ بطريقة ما من تأثير الحرارة على الفحم ومن هذا التفكير وجد أنه قد ينتج بشكل مصطنع.



متابعةً لهذه الفكرة، جرب يونغ العديد من التجارب ونجح في النهاية، عن طريق تقطير فحم القناة على حرارة منخفضة، وهو سائل يشبه البترول، والذي عند معالجته بنفس طريقة النفط المتسرب يعطي منتجات مماثلة. وجد يونغ أنه من خلال التقطير البطيء، يمكنه الحصول على عدد من السوائل المفيدة منه، أطلق على أحدها اسم «نفط البارافين» لأنه يتجمد في درجات حرارة منخفضة إلى مادة تشبه شمع البارافين.

شكل إنتاج هذه الزيوت وشمع البارافين الصلب من الفحم موضوع براءة اختراع ليونغ بتاريخ 17 أكتوبر 1850. في عام 1850 دخل يونغ وميلدرم وإدوارد ويليام بيني في شراكة تحت اسم E.W. Binney & Co. في باثغيت في ويست لوثيان واي. ميلدروم وشركاه في غلاسكو. جرى الانتهاء من أعمالهم في باثغيت في عام 1851 وصارت أول أعمال نفطية تجارية حقيقية ومصفاة لتكرير النفط في العالم، باستخدام النفط المستخرج من التوربانيت والصخر النفطي والفحم البيتوميني المستخرج محلياً لتصنيع النفثا وزيوت التشحيم؛ لم يجر بيع البارافين لاستخدام الوقود والبارافين الصلب حتى عام 1856.

• الكيروسين

طور أبراهام بينيو غيسنر، الجيولوجي الكندي، عملية لتكرير الوقود السائل من الفحم والبيتومين والصخر النفطي. اكتشافه الجديد، الذي سماه الكيروسين، يحترق بشكل أكثر نظافة وكان أقل تكلفة من المنتجات المنافسة، مثل نفط الحوت. في عام 1850، أنشأ غيسنر شركة Kerosene Gaslight وبدأت في تركيب الإضاءة في الشوارع في هاليفاكس ومدن أخرى.



في عام 1854، توسع إلى الولايات المتحدة حيث أنشأ شركة كيروسين غاز لايت في أمريكا الشمالية في لونغ آيلاند، نيويورك. نما الطلب إلى حيث صارت قدرة شركته على الإنتاج مشكلة، لكن اكتشاف البترول، الذي يمكن من خلاله إنتاج الكيروسين بسهولة أكبر، حل مشكلة الإمداد.

قام البولندي إغناسي لوكاتسيفيتش Ignacy Łukasiewicz بتحسين طريقة غيسنر لتطوير وسيلة لتكرير الكيروسين من «النفط الصخري» المتاح بسهولة أكبر في عام 1852، وجرى بناء أول منجم للنفط الصخري في بوبركا Bóbrka، بالقرب من كروسنو Krosno في وسط أوروبا غاليسيا (بولندا) عام 1854. انتشرت هذه الاكتشافات بسرعة في جميع أنحاء العالم، وبنت ميرزوف أول مصفاة روسية حديثة في حقول النفط الجاهزة في باكو في عام 1861. في ذلك الوقت أنتجت باكو نحو 90 % من نفط العالم.

• آبـــار النفـــط

من الصعب الإجابة عن السؤال حول ما كان يشكل أول بئر نفط تجاري. يعتبر بئر إدوين دريك 1859 بالقرب من تيتوسفيل، بنسلفانيا، والذي سنتكلم عنه بشكل مفصل أدناه، أول بئر حديث. من المحتمل أن ما يميز بئر دريك أنه حفره باستخدام محرك بخاري. لأنه كانت هناك شركة مرتبطة به؛ وأحدثت طفرة كبيرة في صناعة النفط.

ومع ذلك، فقد حفر أول بئر على الإطلاق في أي مكان في العالم، وأنتج النفط، في عام 1857 على عمق 280 قدماً من قبل شركة ميريماك الأمريكية في لا بريا في جنوب شرق ترينيداد في منطقة البحر الكاريبي.



بالإضافة إلى ذلك، كان هناك نشاط كبير قبل دريك في أجزاء مختلفة من العالم في منتصف القرن التاسع عشر. في عام 1846، تم حفر أول بئر نفط في منطقة جنوب القوقاز التابعة للإمبراطورية الروسية (أذربيجان حالياً) في شبه جزيرة أبشيرون شمال شرق باكو (في مستوطنة بيبي هيبات)، بوساطة الرائد الروسي ألكسيف بناءً على بيانات نيكولي فوسكوبوينيكوف.

قامت مجموعة بقيادة الرائد أليكسييف من فيلق باكينسكي لمهندسي التعدين بحفر بئر يدوياً في منطقة باكو في عام 1846. كانت هناك آبار محفورة بوساطة المحركات في فيرجينيا الغربية في العام نفسه الذي كان فيه بئر دريك. حُفر بئر تجاري مبكر في بولندا عام 1853، وآخر في رومانيا المجاورة عام 1857.

• المصافـــــي

في الوقت نفسه تقريباً افتتحت أول مصافي نفط في العالم، لكنها صغيرة، في جاستو Jasło، في بولندا، مع افتتاح أكبر المصافي في بلويستي Ploiești، في رومانيا. وجرى بناء مصفاة رافوف في عام 1856 وافتتحها في عام 1857 من قبل الأخوين تيودور ومارين مهدينيو، وهي مصفاة شُيدت في بلويستي، وتبلغ مساحة سطحها أربعة هكتارات، وبلغ الإنتاج اليومي أكثر من سبعة أطنان، وحصل عليها من حديد أسطواني وسبك حديد. وسُخنت بنار الخشب؛ ثم أطلق عليها اسم «أول معمل تقطير منهجي للنفط في العالم»، مسجلاً الرقم القياسي لكونها أول مصفاة نفط في العالم، وفقاً لأكاديمية السجلات العالمية.

حصلت هذه المصفاة، على أساس عقد أبرم في أكتوبر 1856 بين تيودور



مهدينو ومجلس مدينة بوخارست، على الحق الحصري لتزويد عاصمة والاشيان بنفط المصباح. بدأ تنفيذ العقد في 1 أبريل 1857، عندما استبدل النفط بالمنتجات التي توفرها مصفاة رافوف، وهكذا صارت بوخارست أول مدينة في العالم مضاءة بالكامل بالنفط الخام المقطر.

في عام 1857، بلغ إجمالي إنتاج رومانيا 275 طناً من النفط الخام. بهذا الرقم، سُجّلت رومانيا كأول دولة في إحصاءات إنتاج النفط في العالم، قبل الدول الأخرى المنتجة للنفط مثل الولايات المتحدة الأمريكية (1860)، وروسيا (1863)، والمكسيك (1901) وبلاد فارس (1913).

• التطورات في القرن العشرين

في عام 1910، تم اكتشاف حقول نفط كبيرة في جزر الهند الشرقية الهولندية (1885، في سومطرة)، وبلاد فارس (1908، في مسجد سليمان)، وبيرو (1863، في منطقة زوريتوس)، وفنزويلا (1914، في حوض ماراكايبو)، والمكسيك، وكان يجري تطويرها على المستوى الصناعي. تم استغلال حقول نفط كبيرة في ألبرتا (كندا) منذ عام 1947.

أدى التنقيب عن النفط البحري في أويل روكس (نفط داشلاري) في بحر قزوين قبالة أذربيجان في نهاية المطاف إلى إنشاء مدينة على أبراج في عام 1949. جعلت حقول النفط الجاليكية من النمسا والمجر ثالث أكبر دولة منتجة للنفط في العالم بعد الولايات المتحدة والإمبراطورية الروسية، مع 5 % من إنتاج النفط العالمي عام 1908.



صار توافر النفط والوصول إليه من «الأهمية الأساسية» في القوة العسكرية قبل وبعد الحرب العالمية الأولى، خاصة بالنسبة للقوات البحرية لأنها تغيرت من الفحم، ولكن أيضاً مع إدخال النقل بالسيارات والدبابات والطائرات.

سيستمر مثل هذا التفكير في النزاعات اللاحقة في القرن العشرين، بما في ذلك الحرب العالمية الثانية، حيث كانت المنشآت النفطية أحد الأصول الاستراتيجية الرئيسية والتي قُصفت على نطاق واسع. في عام 1938 اكتشفت احتياطيات ضخمة من النفط في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية على طول ساحل الخليج العربي.

حتى منتصف الخمسينات من القرن الماضي، كان الفحم لا يزال الوقود الأول في العالم، ولكن بعد هذا الوقت سرعان ما سيطر النفط. في وقت لاحق، في أعقاب أزمتي الطاقة 1973 و1979، كانت هناك تغطية إعلامية كبيرة لموضوع مستويات إمدادات النفط. سلط هذا الضوء على القلق من أن النفط هو مورد محدود سينفد في النهاية، على الأقل كمصدر طاقة قابل للتطبيق اقتصادياً. مع أن التوقعات الأكثر شيوعاً وشعبية في ذلك الوقت كانت رهيبةً جداً، إلا أن فترة زيادة الإنتاج وانخفاض الطلب في السنوات اللاحقة تسببت في حدوث تخمة في النفط في الثمانينات. ومع ذلك، فإن هذا لم يدم، وفي العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، عادت المناقشات حول ذروة النفط إلى الأخبار.

حالياً، يجري تلبية نحو 90 % من احتياجات وقود المركبات عن طريق النفط. يشكل البترول أيضاً 40 % من إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة، ولكنه مسؤول عن 2 % فقط من توليد الكهرباء. قيمة البترول أنه مصدر طاقة محمول وكثيف يغذي الغالبية العظمى من المركبات وباعتباره قاعدة للعديد من المواد الكيميائية الصناعية يجعله أحد أهم السلع في العالم.

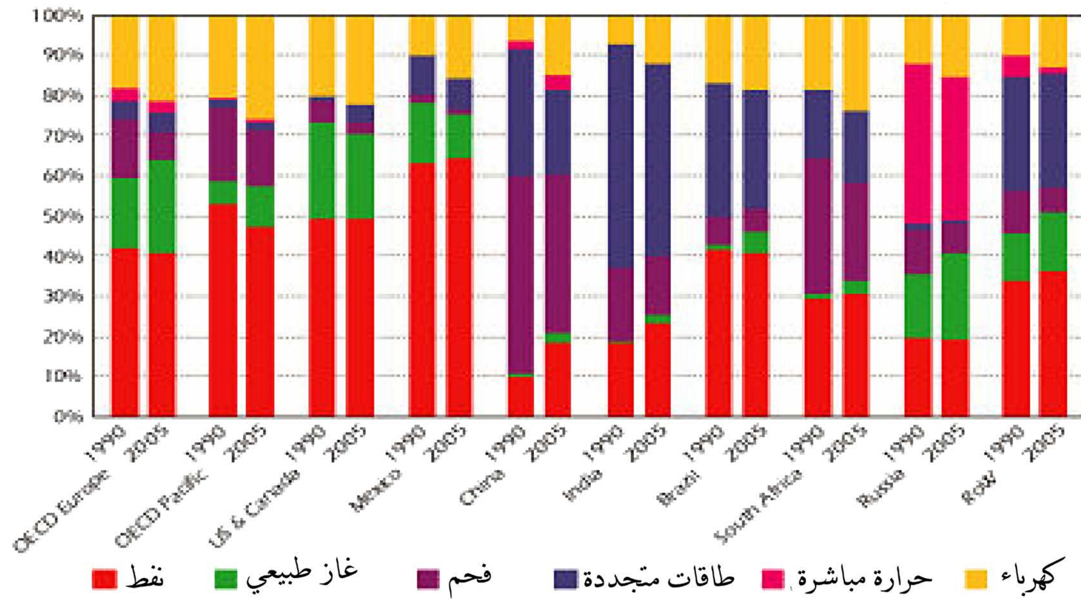



أكبر ثلاث دول منتجة للنفط هي المملكة العربية السعودية وروسيا والولايات المتحدة. يقع نحو 80 % من احتياطيات العالم التي يمكن الوصول إليها بسهولة في الشرق الأوسط، ويأتي 62.5 % منها من الدول العربية الخمس: المملكة العربية السعودية (12.5 %) والإمارات العربية المتحدة والعراق وقطر والكويت. ومع ذلك، مع ارتفاع أسعار النفط (أعلى من 100 دولار للبرميل)، تمتلك فنزويلا احتياطيات أكبر من المملكة العربية السعودية بسبب احتياطياتها الخام المستمدة من البيتومين.

لقد شهدت الفترة من 1950 إلى 2005 زيادة بمقدار ثمانية أضعاف في الطلب العالمي على النفط حيث وصل الطلب إلى 85 مليون برميل من النفط يومياً. أشارت بيانات وكالة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA) في عام 2004 إلى أن الطلب على النفط كان يتزايد بمعدل مركب سنوي يبلغ نحو 2% للسنوات السابقة.

تتوقع توقعات طلب تقييم الأثر البيئي في الولايات المتحدة زيادة إلى 118 مليون برميل يومياً بحلول عام 2030. إذا استمرت اتجاهات الطلب الحالية، فقد يرتفع الطلب على النفط بنسبة 70 % بحلول عام 2050. يوضح الرسم البياني أدناه الاعتماد العالمي الحالي على النفط من أجل الطاقة.





الطاقة الكلية المستهلكة حسب سلعة الطاقة.

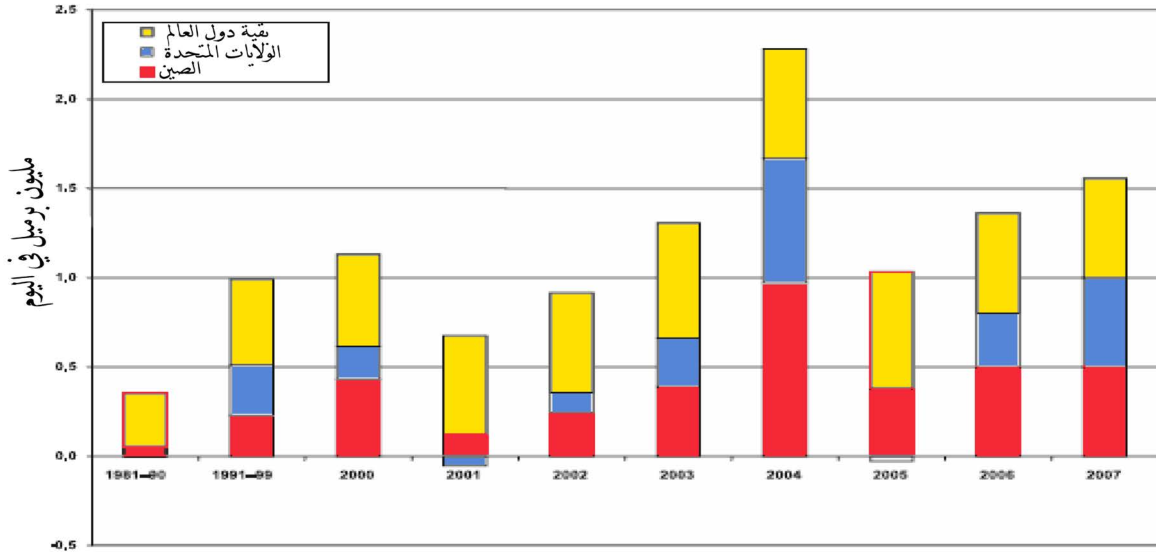
في المستقبل، من المتوقع أن تأتي أكبر الزيادات في الطلب على النفط من العالم النامي. كانت الصين تشهد نمواً اقتصادياً مزدوج الرقم تقريبًا لأكثر من ربع قرن وصارت شرهة في شهيتها للنفط. زاد الطلب الإجمالي على الطاقة بنسبة 69 % من عام 1990 إلى عام 2005.

بحلول عام 2030، من المرجح أن يرتفع صافي واردات الصين من النفط إلى 13.1 مليون برميل يومياً مقارنةً بصافي الواردات في عام 2006 البالغ 3.5 مليون برميل يومياً.

كما شهد الاقتصاد الهندي أيضاً نمواً اقتصادياً سريعاً في السنوات الأخيرة وكان عدد سكانها يتزايد بمعدل أسرع من الصين. في عام 2007، زاد طلب الهند على النفط بنسبة 5.1 % مع توقع ارتفاعات مستمرة في المستقبل. يمكن



للدول الآسيوية غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، بما في ذلك الصين والهند، أن تستأثر بنسبة 43 % من الزيادة المتوقعة في الطلب على النفط من الوقت الحالي وحتى عام 2030. ويشير الشكل البياني أدناه إلى النمو السريع في طلب الصين على النفط.



النمو السنوي في الطلب العالمي على النفط.

يعود سبب زيادة الطلب على النفط في العالم النامي إلى حد كبير إلى طلب المستهلكين على السيارات التي تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي. جلب النمو الاقتصادي في هذه البلدان ثروة أكبر لعدد أكبر من الناس، وعلى عكس الأفراد في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية الذين فعلوا ذلك الأمر في الماضي مع ارتفاع الدخل، يستخدم العديد من هؤلاء الأشخاص ثرواتهم لشراء وسائل النقل الشخصية من أجل الاستقلال والتنقل الذي يوفره امتلاك سيارة. كانت النتيجة في الصين، أكبر دولة نامية في العالم، تضاعف سفر الركاب ثلاث مرات في فترة الخمسة عشر عاماً من 1990 إلى 2005.



ومع ذلك، فإن دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية هي التي تمثل غالبية الاستهلاك العالمي الحالي للنفط. دولة واحدة على وجه الخصوص تبرز هي الولايات المتحدة، حيث تمثل أقل من 5 % من سكان العالم، ومع ذلك فهي تستهلك 25 % من نفط العالم.

استهلاك الفرد من النفط في الولايات المتحدة يزيد 15 مرة عن مثيله في الصين. في عام 2005، كان ثلث العجز التجاري للولايات المتحدة يُعزى إلى النفط. مع أن الولايات المتحدة هي ثالث أكبر منتج للنفط في العالم، إلا أن إنتاجها من النفط في انخفاض منذ أوائل السبعينات.

إن عدم قدرة العرض المحلي على تلبية الطلب يعني أنه يتعين على الولايات المتحدة استيراد ما يقرب من 60 % من نفطها، وقد بقي الطلب الأمريكي ثابتاً في السنوات القليلة الماضية حتى في مواجهة ارتفاع الأسعار.

الناتج المحلي الإجمالي للولايات المتحدة هو الأكبر في العالم وليس هناك شك في أن صحة الاقتصاد الأمريكي لها تداعيات مهمة على صحة النظام المالي الدولي. ففي كل من البلدان المتقدمة والنامية، يعتمد الازدهار الوطني إلى حدٍ ما على النفط.

• النفط والمال

العالم الحديث يعمل على النفط والمال. المال ليس له قيمة جوهرية، لكنه يمكن من الوصول إلى النفط والمنتجات كثيفة الطاقة المشتقة من النفط، أي جزء كبير من سلع وخدمات المجتمع الحديث.



النفط والمال مرتبطان بأن الطاقة الرخيصة - التي تعتمد بشكل أساسي على النفط - غذت الرخاء الاقتصادي في القرن الماضي. المصطلح المناسب للوقت الجيولوجي والاقتصادي الذي نعيش فيه هو الأوليوسين، أو عصر النفط.

مع أن البعض قال إننا نعيش في عصر المعلومات أو عصر ما بعد الصناعة، فمن الواضح أن حياتنا تقوم أساساً على الهيدروكربونات. فقط انظر حولك.

ومع ذلك، فإن النفط والغاز هما من الموارد الطبيعية التي تشكلت فقط في ظل ظروف نادرة جداً وخاصة في الماضي الجيولوجي، مما يعني أنها عرضة للنضوب. حالياً، لكل غالون يستخدم بقايا أقل: إنه مفهوم بسيط لفهمه.

افهم هذا ويمكنك البدء في فهم وضعنا الأساسي فيما يتعلق بالنفط. هذا هو السبب في أن حسابنا للاقتصاد الحديث يجب أن يبدأ قبل وقت طويل من ظهور شركات النفط العالمية أو تطوير سوق البورصة حيث يتم شراء النفط وبيعه.

• النفـــط والعولمـــة

منذ مطلع القرن الخامس عشر، كان المجتمع الغربي هو المهيمن على العالم من ناحية النفوذ والثروة، مع هيمنة خاصة ظهرت بعد الثورة الصناعية الإنجليزية في القرن الثامن عشر. يمكن إرجاع السبب جزئياً إلى بدايات العولمة.

بينما فضلت المجتمعات الشرقية مثل الصين أن تكون مكتفية ذاتياً وتقاوم الغرباء، اعتبرت المجتمعات الغربية أن التجارة بعيدة المدى مصلحة حيوية. كان التجار العرب والهنود مهتمين بالأرباح مثل التجار الغربيين، لكنهم لم يحظوا بدعم أي دولة قوية، ومن ثم لم يكن لديهم سياسات منسقة.



بينما استخدمت الدول الصينية والهندية والشرق أوسطية الضرائب على أراضيها للحصول على إيراداتها الرئيسية، شددت الدول الغربية بدلاً من ذلك على التجارة كوسيلة لكسب إيرادات للدولة.

التجارة الدولية، والتنافس التجاري، والميزة النسبية، والحوافز الساعية للربح التي قدمتها، أوجدت خلفية للغرب لاعتماد مؤسسات اقتصادية أكثر حرية بشكل أسرع، ومن ثم دفع النمو الاقتصادي بشكل أسرع من المجتمعات الأخرى.

لقد قامت العولمة والتجارة الدولية بدور حاسم في تحقيق الازدهار الحالي الذي يتمتع به الغرب، وستكونان من المحددات المُهمة للنجاح الاقتصادي في اقتصادات السوق الناشئة في العالم.

تعتمد الحركة الدولية للبضائع والأشخاص، التي تشكل جزءاً لا يتجزأ من تحقيق العولمة والتجارة الدولية، بشكل كبير على النفط. إن الطيران على متن طائرة نفاثة من أمريكا الجنوبية إلى إفريقيا، ونقل البضائع عبر آلاف الأميال من المحيط من آسيا إلى أمريكا الشمالية، وقيادة السيارات وشاحنات الشحن من أحد أطراف أوروبا إلى الطرف الآخر هي مجرد أمثلة قليلة على الترابط الذي يوفره النفط. لقد جعل النفط ذلك ممكناً بالنسبة لحجم العولمة الموجود اليوم، وهو حالياً يغذي محرك الاقتصاد العالمي.



النفــط في دول الخليــج العربــي واليمـــن

تقـع دول الخليـج العربـي (المملكـة العربيـة السـعودية، والكويـت، والبحريـن، وقطـر، والإمـارات العربيـة المتحدة، وسـلطنة عمـان) إضافـة لليمـن في غـرب آسـيا، علـى حـدود الخليـج العربـي مـن الشـرق، وبحـر العـرب مـن الجنـوب، والبحـر الأحمـر مـن الغـرب والأردن مـن الشـمال، وتحتـل المنطقـة البتروليـة الأكثـر إنتاجيـة في الشـرق الأوسـط، إلـى جانـب إيـران والعـراق.

بـدأ التنقيـب عـن النفـط في هـذه الـدول السـبع في عـام 1924 في سـلطنة عمـان. حيـث تتركـز العديـد مـن حقـول النفـط والغـاز العملاقـة في أكبـر الـدول المنتجـة للنفـط في المنطقـة مثـل المملكـة العربيـة السـعودية والكويـت وقطـر والإمـارات العربيـة المتحـدة. أدت الظـروف الجيولوجيـة الفريـدة إلـى تكويـن أغنـى منطقـة منتجـة للنفـط في العالـم.

1. المملكـــة العربيـــة السعوديـــة

تقـع المملكـة العربيـة السـعودية في شـبه الجزيـرة العربيـة، ويحدهـا الخليـج العربـي مـن الشـرق والبحـر الأحمـر مـن الغـرب، وتبلـغ مسـاحتها 2.25 مليـون كيلومتـر مربـع ويبلـغ عـدد سـكانها 34.81 مليـون نسـمة (2020). يتكـون الجـزء الغربـي مـن عصـر مـا قبـل الكمبـري المتحـور. في الجـزء الشـرقي، يصـل سـمك الغطـاء الرسـوبي إلـى 5000 متـر مـن الطبقـات البرميـة إلـى الثلاثيـة. إن الإمكانـات البتروليـة عاليـة جـداً في المناطـق الجديـدة ذات الطبقـات العميقـة الحاملـة للمـواد الهيدروكربونيـة، بمـا في ذلـك المناطـق البحريـة.



المملكة العربية السعودية هي أغنى منطقة نفطية في العالم، حيث بدأ التنقيب عن النفط في عام 1933. واكتشف أول حقل نفطي في الدمام في عام 1940. واكتشف أكبر حقل نفط في العالم، حقل الغوار، في عام 1948. نحو 50 % من مساحة المملكة تنتشر فيها الصحراء. تعتبر المملكة ثاني أكبر منتج للنفط وثاني أكبر مصدر للنفط بعد الولايات المتحدة الأمريكية.

مع نهاية عام 2017، كان لدى المملكة العربية السعودية احتياطيات نفطية مؤكدة تبلغ 268.5 مليار برميل 325.1 TCF، لتحتل المرتبة الأولى في العالم. بلغ إنتاج النفط 445 مليون طن، واحتياطيات الغاز المؤكدة 7.1 تريليون متر مكعب، وإنتاج الغاز 55.3 بليون متر مكعب. بلغ إجمالي الصادرات النفطية السنوية 393.8 مليون طن.

2. دولة الكويت

تقع الكويت في الركن الشمالي الشرقي لشبه الجزيرة العربية، على حدود الخليج العربي من الشرق وتقع بين العراق والمملكة العربية السعودية. تبلغ مساحتها 17817 كيلومتر مربع ويبلغ عدد سكانها 4.271 مليون نسمة (2020).

مع مساحتها الصغيرة نسبياً، تعد الكويت واحدة من أهم الدول المنتجة للنفط في العالم وأهمها موقعاً استراتيجياً. بدأ التنقيب في ثلاثينات القرن الماضي واكتشف ثاني أكبر حقل نفط في العالم، برقان، في عام 1938، باحتياطيات نفطية قابلة للاستخراج تبلغ 11.5 بليون طن. ومع ذلك، فإن النمو الهائل لصناعة البترول في البلاد بدأ بالفعل في عام 1961.

يتكون الغطاء الرسوبي من طبقات الحقبة الوسطى وحقبة الحياة الحديثة بسمك يصل إلى 7500 متر. تم إنتاج معظم النفط من حقل برقان النفطي.



بنهاية عام 2007، بلغ احتياطي النفط المؤكد في الكويت 13.9 بليون طن، وإنتاج النفط 108 مليون طن، واحتياطيات الغاز المؤكدة 572 بليون متر مكعب، وإنتاج الغاز 10.5 بليون متر مكعب. لا تزال الإمكانات البترولية عالية جداً.

3. مملكة البحرين

البحرين جزيرة صغيرة في الخليج العربي ترتبط بالمملكة العربية السعودية شرقاً عن طريق جسر الملك فهد الذي بني عام 1986. وتبلغ مساحتها 711.9 كم^2 ويبلغ عدد سكانها 1.702 مليون نسمة (2020).

بدأ التنقيب عن النفط في وقت مبكر من عام 1890، واكتشف أول حقل نفط هو عوالي عام 1930. تبلغ مساحة هذا الحقل 410 كيلومترات مربعة، وتتراوح أعماقه بين 650 و1000 متر. لديها احتياطيات نفطية مؤكدة تبلغ 17 مليون طن في خزانات متعددة الطبقات لطبقات العصر البرمي والجوراسي والطباشيري.

ومع نهاية عام 2007، بلغت الاحتياطيات المؤكدة من النفط 17 مليون طن، وإنتاج النفط 1.6 مليون طن واحتياطيات الغاز المؤكدة 92 بليون متر مكعب. بلغ ذروة إنتاج النفط السنوي 3.83 مليون طن في عام 1970.

4. دولة قطر

قطر شبه جزيرة صغيرة في الخليج العربي، تبلغ مساحتها 11437 كيلومتر مربع ويبلغ عدد سكانها 2.881 مليون نسمة (2020). تشتهر بامتلاكها أكبر حقل غاز في العالم، حقل الشمال. مع نهاية عام 2007، بلغ احتياطي النفط المؤكد 2 بليون طن، وبلغ إنتاج النفط 40 مليون طن.



تبلغ احتياطيات الغاز المؤكدة 25.6 تريليون متر مكعب تمثل نحو 15% من الإجمالي العالمي، مع إنتاج غاز يبلغ 51.6 بليون متر مكعب. يعتمد اقتصاد قطر بشكل كبير على إنتاج الغاز والنفط. تصنّف إمكانات النفط والغاز على أنها عالية جدًا.

5. الإمـــارات العربيـــــة المتحـــدة

تقع الإمارات السبع لدولة الإمارات العربية المتحدة على الجانب الشرقي من شبه الجزيرة العربية، وتبلغ مساحتها الإجمالية 83600 كيلومتر مربع ويبلغ عدد سكانها 9.89 مليون نسمة (2020). بدأ نشاط التنقيب عن النفط في المنطقة في أوائل الخمسينات من القرن الماضي.

تتوزع المنطقة المنتجة للنفط في هذا البلد بشكل متساوٍ تقريباً على اليابسة وفي البحر، وتقع على الجزء الشرقي من الصفيحة العربية ومغطاة بالصخور الرسوبية الجوراسية والطباشيرية والثلاثية والرباعية، بسمك يصل إلى 5000 متر.

مع نهاية عام 2007، بلغ احتياطي النفط المؤكد 12.6 بليون طن مع إنتاج نفطي قدره 118.3 مليون طن. بلغ إجمالي احتياطيات الغاز المؤكدة 5.8 تريليون متر مكعب وإنتاج الغاز 44.6 بليون متر مكعب.

6. ســـلطنة عمـــان

تقع سلطنة عمان في الجزء الجنوبي الشرقي من شبه الجزيرة العربية، تحدها المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة من الشمال واليمن من الغرب. تبلغ مساحتها 309،500 كيلومتر مربع وعدد السكان 5.107 مليون نسمة (2020). بدأ التنقيب عن النفط في عام 1924 واكتشف أول حقل نفطي، جبال، في عام 1962.



7. اليمـــن

تقع اليمن في الجزء الجنوبي من شبه الجزيرة العربية، وتبلغ مساحتها 555.000 كيلومتر مربع ويبلغ عدد سكانها 29.83 مليون نسمة (2020). بدأ التنقيب عن النفط عام 1930. جرى اكتشاف أول حقل نفط عام 1984.

ومع نهاية عام 2007، بلغ احتياطي النفط المؤكد 410 ملايين طن، وإنتاج النفط 18.5 مليون طن، واحتياطيات الغاز المؤكدة عند 478.5 بليون متر مكعب. ترتبط تراكمات النفط والغاز في ثلاثة مجاميع صخيرة: طبقة الكربونات الأرضية الجوراسية العليا تحت الملح وطبقات الكربونات الجوراسية العلوية فوق الملح، وطبقات الكربونات الأرضية في العصر الطباشيري السفلي، والبحرية.



خريطة تبين مناطق توزع النفط والغاز في دول الخليج العربي.



ذروة عصـــر النفـــط

ذروة النفط Peak oil هي النقطة الزمنية التي يجري فيها الوصول إلى الحد الأقصى لمعدل استخراج البترول، وبعد ذلك من المتوقع أن يدخل معدل الإنتاج في الانخفاض النهائي. يعتقد الكثيرون أننا وصلنا إلى الذروة أو اقتربنا منها، الأمر الذي وضعنا في النصف الثاني من عصر النفط. بعض التقديرات، بافتراض معدلات الاستهلاك الحالية، ستستمر احتياطيات النفط الحالية حتى عام 2040 على الأقل. في عام 2004، قدرت منظمة أوبك، مع استثمارات كبيرة، أنها ستضاعف إنتاج النفط تقريباً بحلول عام 2025.

في الواقع يتبع كل إنتاج النفط منحنى جرسي، سواء في حقل فردي أو على الكوكب ككل. عند منحدر المنحني، تكون تكاليف الإنتاج أقل بكثير من تكلفة المنحدر عندما يتطلب الأمر جهداً إضافياً (نفقات) لاستخراج النفط من الخزانات التي يتم تفريغها.

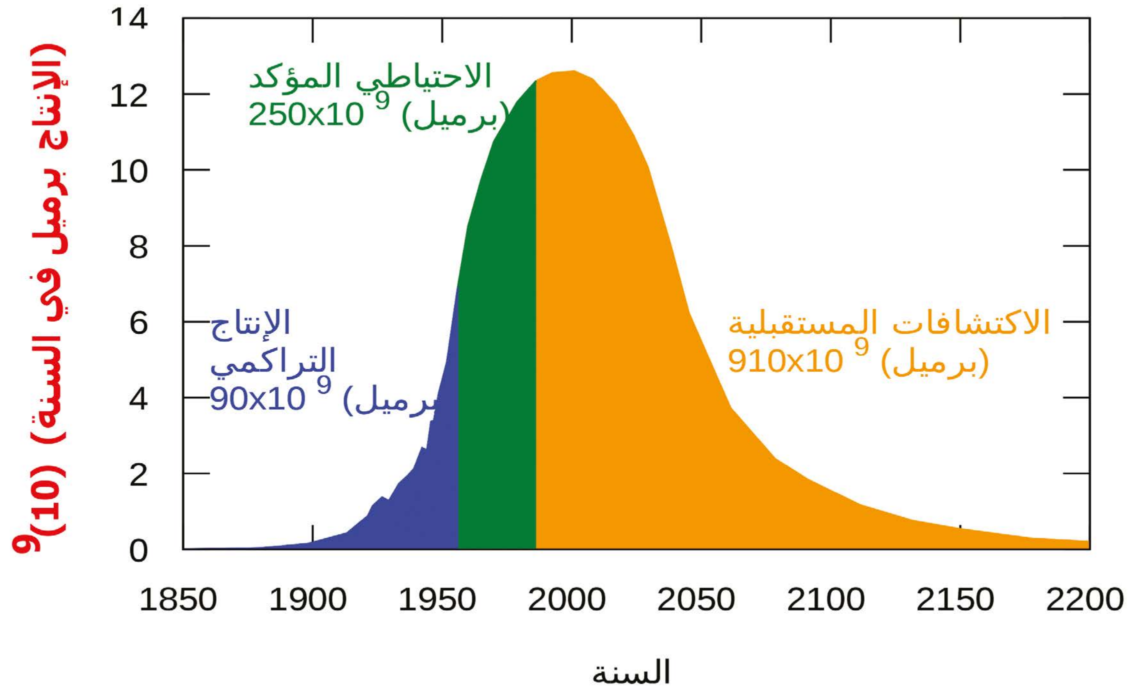
ببساطة: النفط وفير ورخيص من جهة، نادر ومكلف من جهة أخرى. تتزامن ذروة المنحني مع النقطة التي استنفد فيها النفط العالمي 50 %. «ذروة النفط» هو المصطلح الصناعي لأعلى المنحنى. بمجرد تجاوز الذروة، يبدأ إنتاج النفط في الانخفاض بينما تبدأ التكلفة في الارتفاع.

من الناحية العملية والمبالغة في التبسيط إلى حد كبير، هذا يعني أنه إذا كان عام 2000 هو عام ذروة النفط، فإن إنتاج النفط في جميع أنحاء العالم في عام 2020 سيكون هو نفسه كما كان في عام 1980.

ومع ذلك، كان عدد سكان العالم في عام 2020 أكبر بكثير (مرتين تقريباً) وأكثر تصنيعاً بكثير مما كان عليه في عام 1980. ومن ثم، فإن الطلب العالمي على النفط سيتجاوز الإنتاج العالمي للنفط بهامش كبير.



كلما زاد الطلب على النفط عن إنتاج النفط، ارتفع السعر. في النهاية، السؤال ليس «متى سينفد النفط لدينا؟» بل بالأحرى، «متى سينفد النفط الرخيص؟»



توزيع إنتاج النفط العالمي لعام 1956، والذي يُظهر البيانات التاريخية والإنتاج المستقبلي، اقترحه إم كينغ هوبرت، بلغت ذروة إنتاجه 12.5 بليون برميل سنوياً في نحو عام 2000. اعتباراً من عام 2016، كان إنتاج العالم من النفط 29.4 بليون برميل لكل عام (80.6 طن / يوم)، مع تخمة نفطية بين عامي 2014 و2018.

في حين أن الاستخدام المحلي للنفط يعود إلى قرون عديدة، فإن صناعة البترول حديثة المنشأ. وضعها الحالي كمكون رئيسي في السياسة والمجتمع والتكنولوجيا له جذوره في صناعة الكيروسين في أواخر القرن التاسع عشر. كان استخدام محرك الاحتراق الداخلي للسيارات والشاحنات بعد عام 1900 عاملاً حاسماً في النمو الهائل للصناعة في الولايات المتحدة وروسيا والشرق الأوسط.



عندما حل وقود الديزل محل المحركات البخارية في السفن الحربية، صار التحكم في إمدادات النفط عاملاً في الاستراتيجية العسكرية وأدى دوراً رئيسياً في الحرب العالمية الثانية. في القرن العشرين، أدت قضايا تلوث الهواء إلى تنظيم حكومي. في أوائل القرن الحادي والعشرين، جعلت القضايا البيئية المتعلقة بالاحترار العالمي من النفط والغاز (بالإضافة إلى الفحم) صناعة مثيرة للجدل سياسياً.

طبعاً ليس من الصعب فهم مفهوم (ذروة النفط). يقدم الدكتور كولين كامبل، كبير الجيولوجيين ونائب الرئيس السابق في العديد من شركات النفط الغربية، شرحاً أساسياً لهذه الظاهرة. «إنها نظرية بسيطة جداً ويمكن أن يفهمها أي شخص يشرب العصير؛ حيث يبدأ الكوب ممتلئاً وينتهي فارغاً، وكلما زادت سرعة شربه، زادت سرعة تفريغه».

يمكن تعريف ذروة النفط على أنها «النقطة الحرجة التي لا تستطيع عندها الخزانات إنتاج كميات متزايدة من النفط ... «ذروة النفط» هي النقطة التي نصل عندها إلى الحد الأقصى من الإنتاج؛ بعد ذلك، بغض النظر عن عدد الآبار التي يجري حفرها في بلدٍ ما، يبدأ الإنتاج في الانخفاض».

في سياق هذا التحليل، تشير ذروة النفط إلى إنتاج النفط العالمي. لا ينبغي الخلط بين ذروة النفط والنقطة التي استنفد فيها العالم احتياطياته النفطية. بدلاً من ذلك، تكون ذروة النفط عندما يكون العالم في ذروة الإنتاج، عندما يتوفر المزيد من النفط أكثر من أي وقت في التاريخ.

لقد بلغ إنتاج النفط في 60 دولة ذروته بالفعل، وبلغت ذروته في 10 دول من أصل 20 دولة تنتج نحو 85 % من نفط العالم. عندما يبلغ إنتاج النفط العالمي



ذروتـه، أو يصل إلـى ذروتـه، أو سـيصل إلـى ذروتـه، فقـد أثـار جـدلاً كبيـراً بـين الـوكالات الحكوميـة والعلمـاء والمطلعـين علـى الصناعـة وخبـراء الطاقـة.

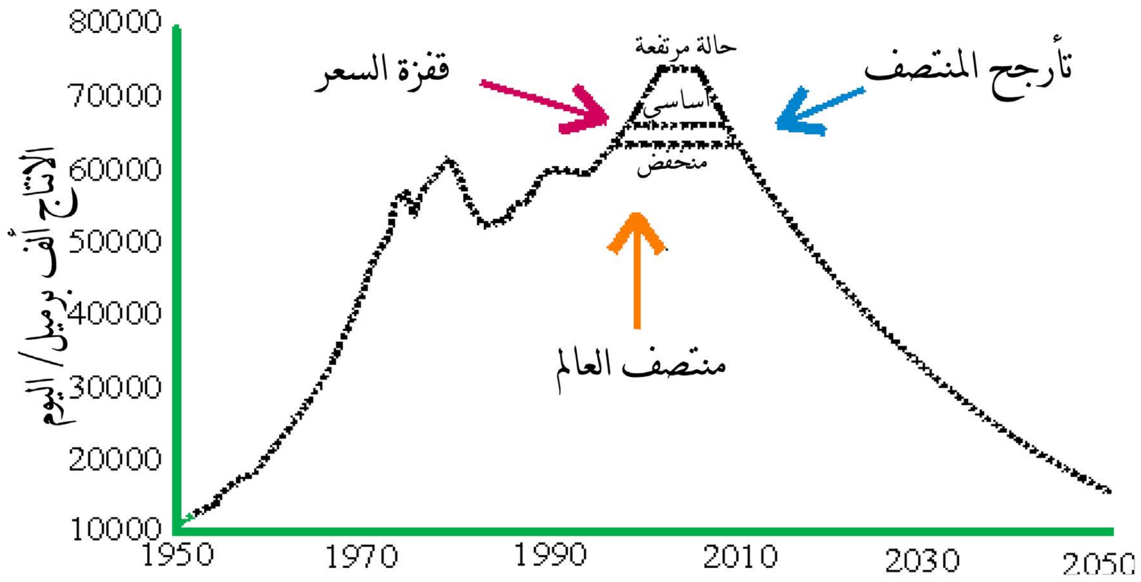
وتشير أكثر التقديرات تفاؤلاً إلـى حد كبيـر إلـى أن الفترة 2020-2035 ستكون العـام الـذي يبلغ فيـه إنتاج النفـط ذروتـه في جميـع أنحـاء العالـم. بشكل عـام، تأتي هـذه التقديـرات مـن وكالات حكوميـة مثـل هيئـة المسـح الجيولوجـي الأمريكيـة أو شـركات النفـط أو الاقتصاديـين الذيـن لا يفهمـون ديناميكيـات اسـتنفاد المـوارد. حتـى لـو كان المتفائلـون علـى صـواب، فإننـا سـنقوم بكشـط قـاع برميـل النفـط خـلال عمـر معظـم أولئـك الذيـن هـم في منتصـف العمـر اليـوم.

كان هنـاك تقديـر أكثـر واقعيـة بـين الأعـوام 2004-2010. للأسـف، لـم نعـرف أننـا وصلنـا إلـى الـذروة إلا بعـد مـرور 3-4 سـنوات علـى الحقيقـة. حتـى عنـد منحـدر المنحنـى، يختلـف إنتـاج النفـط قليـلاً مـن سـنة إلـى أخـرى.

مـن المحتمـل أن يكـون إنتـاج النفـط في جميـع أنحـاء العالـم قـد بلـغ ذروتـه في عـام 2000 حيـث انخفـض الإنتـاج كل عـام منـذ ذلـك الحـين. لقـد اعترفـت صناعـة الطاقـة بهـدوء بخطـورة الوضـع. علـى سـبيل المثـال، في مقـال نُشـر مؤخـراً علـى الصفحـة الرئيسـية لشـركة Exxon-Mobil Exploration، صـرح رئيـس الشـركة جـون طومسـون: «في عـام 2015، سـنحتاج إلـى إيجـاد وتطويـر وإنتـاج كميـة جديـدة مـن النفـط والغـاز تسـاوي ثمانيـة مـن كل 10 براميـل تنتـج اليـوم. بالإضافـة إلـى ذلـك، مـن المتوقـع أن تكـون التكلفـة المرتبطـة بتوفيـر هـذا النفـط والغـاز الإضـافي أكثـر بكثيـر ممـا تنفقـه الصناعـة حاليـاً. الأمـر المـروع بالقـدر نفسـه هـو حقيقـة أن العديـد مـن الآفـاق الواعـدة بعيـدة كل البعـد عـن الأسـواق الرئيسـية، بعضهـا في مناطـق تفتقـر حتـى إلـى البنيـة التحتيـة الأساسـية. البعـض الآخـر في المناخـات القاسـية، مثـل القطـب الشـمالي، التـي تمثـل تحديـات تقنيـة غيـر عاديـة».



إذا كان السيد طومسون بهذه الصراحة في مقاله، فإن المرء يتساءل عما يقوله خلف الأبواب المغلقة.



إنتاج النفط العالمي بين عامي 1950–2050.

• ذروة هوبرت

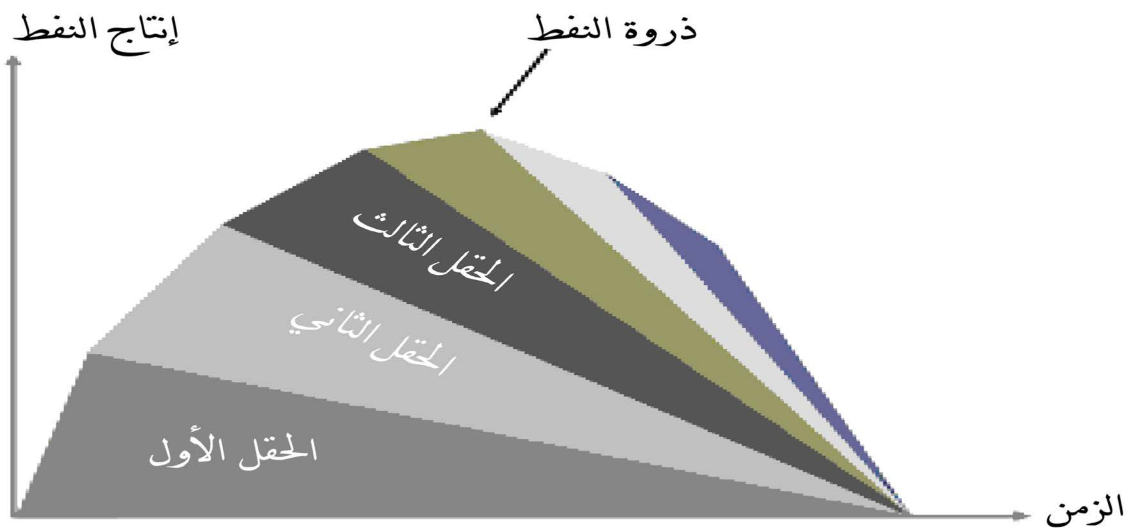
كان الدكتور إم كينغ هوبرت عالم جيوفيزيائي أمريكي يعمل في مختبر أبحاث شل في هيوستن عندما أدرك أن إنتاج النفط يميل إلى اتباع منحنى على شكل جرس. باستخدام تقدير للنفط القابل للاستخراج في نهاية المطاف في الولايات المتحدة، توقع في عام 1956 أن إنتاج النفط الأمريكي سيبلغ ذروته نحو عام 1970.



في البداية سخر العلماء من توقعات هوبرت، ولكن عندما صار واضحاً أن تحليله والتنبؤ المقابل كان صحيحاً، صارت منهجيته فيما بعد معياراً مهماً لتشكيل منحنيات إنتاج النفط.

إن افتراضات ذروة النفط للدكتور هوبرت بسيطة. يقدم مركز تحليل نضوب النفط ملخصاً موجزاً لهذه الافتراضات: تظهر تجربة التشغيل من عشرات الآلاف من حقول النفط أن معدل الإنتاج يرتفع دائماً إلى الذروة ثم يبدأ في الانخفاض عندما يستخرج نحو نصف النفط القابل للاستخراج. نظراً لأن إجمالي ثروات العالم من النفط محدودة وغير قابلة للتجديد، في الوقت المناسب، حيث تصير الاكتشافات الجديدة غير كافية لتعويض النضوب الطبيعي للاحتياطيات الحالية، سيصل إجمالي الإنتاج إلى أقصى حد له ويبدأ في الانخفاض.

ويبدو نمط الإنتاج هذا موضحاً في الرسم البياني الآتي:



نمط الإنتاج النموذجي في منطقة نفطية.



قام الدكتور كينيث ديفيس Deffeyes، الجيولوجي والمستشار السابق للنفط والتعدين والذي عمل في وقت ما مع الدكتور هوبرت، بتحليل منهجية هوبرت. وجد أوجه تشابه مذهلة بين معادلات هوبرت وتلك المستخدمة في النماذج البيولوجية.

والمثال على نموذج بيولوجي بسيط هو نمو الحشائش في قطعة أرض مهجورة.

في البداية تكون الحشائش متباعدة وتتضاعف أضعافا مضاعفة. يعتمد معدل توسعها على المساحة الخالية المتبقية في الدفعة، ومع ذلك، فبمجرد أن تبدأ الحشائش في التنافس مع بعضها بعضاً على الموارد، فإن المعدل الذي تظهر به الحشائش الجديدة يتضاءل ثم يبدأ في الانخفاض بشكل كبير. في النهاية ستتوقف الأعشاب الضارة عن الانتشار وتصل إلى عدد ثابت عند النقطة التي يتم فيها الوصول إلى القدرة الاستيعابية للقطعة المهجورة.

يمكن التفكير في ذروة النفط بمصطلحات مشابهة للنموذج البيولوجي في الاتجاه المعاكس. إجمالي النفط المتوقع استرداده يماثل العدد الثابت للأعشاب في القدرة الاستيعابية للمجموعة (باستثناء أنه يجب أن تنمو الأعشاب الضارة تحت الأرض).

يجري اكتشاف حقول النفط الأكبر والأسهل لاستخراجها بسرعة ثم حفرها. يحدث ارتفاع كبير في الإنتاج في وقت مبكر وينضب النفط بوتيرة سريعة. ومع ذلك، عندما يصير العثور على النفط أكثر صعوبة ويصبح الاسترداد أكثر صعوبة، يصل معدل النضوب إلى نقطة الذروة ثم يبدأ في الانخفاض بشكل كبير.

تقديرات وصول ذروة النفط. وجد الباحث كينيث ديفيس Deffeyes أن منحنياً لوجستياً بسيطاً يعتمد على المعادلة:

$$P = a\,(1-Q / Qt)\,Q$$



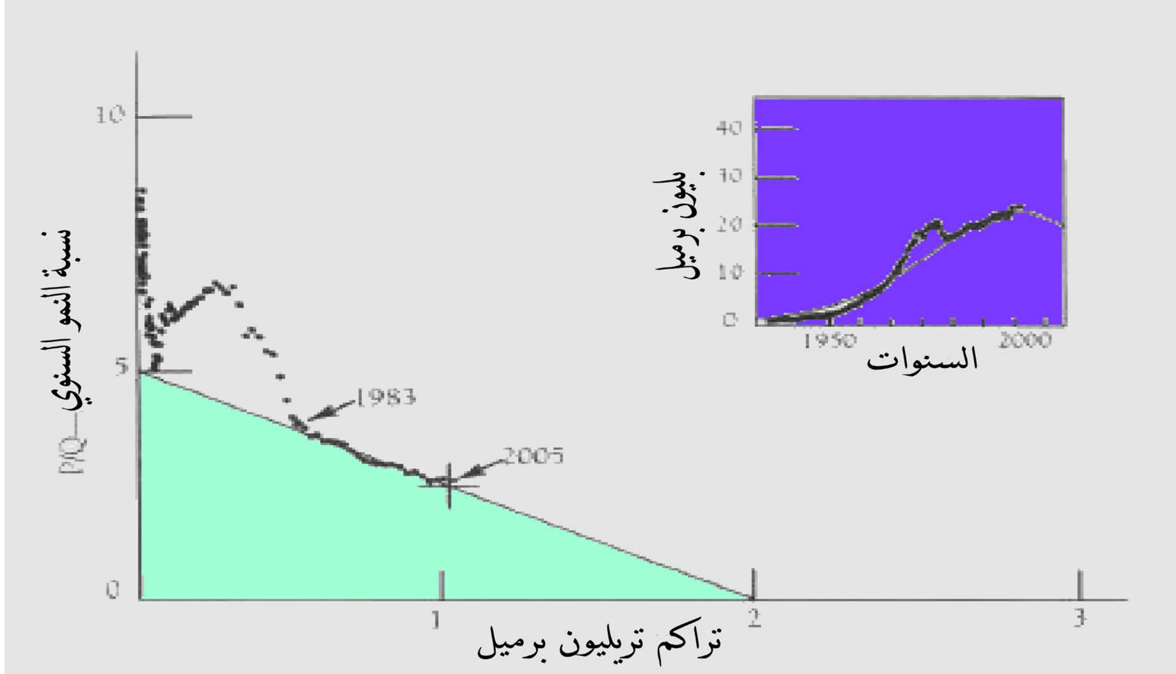
هـو أفضـل تطابـق مـع منهجيـة هوبـرت للعثـور علـى ذروة النفـط. حيـث تشـير P إلـى الإنتـاج في سـنة معينـة، وQ هـي الإنتـاج التراكمـي حتـى تلـك السـنة المحـددة، وتمثـل a معـدل إنتـاج النفـط السـنوي معبـراً عنـه كجـزء صغير من الإنتـاج التراكمـي، و Qt يسـاوي إجمالـي كميـة النفـط المتوقـع أن يكـون مسـتخرج. أهـم جـزء في المعادلـة هـو الجـزء الموجـود بـين القوسـين (1-Q / Qt)، الـذي يجعـل المعادلـة تعتمـد علـى جـزء النفـط الكلـي المتبقـي للإنتـاج.

اسـتخدم ديفيـس هـذه التقنيـة لطريقـة هوبـرت لتحديـد ذروة إنتـاج النفـط في العالـم. اسـتخدم الانحـدار الخطـي الأنسـب لتحديـد الإنتـاج العالـمي التراكمـي النهائـي البالـغ 2 تريليـون برميـل، والـذي يمنحـه هـو رقـم أقـل مـن تلـك التـي أبلـغ عنهـا المتفائلـون مثـل هيئـة المسـح الجيولوجـي الأمريكيـة.

ومـع ذلـك، فـإن 2 تريليـون برميـل تقـع في نطـاق 10 % مـن تقديـرات العديـد مـن المحللـين. رسـم ديفيـس رسـماً بيانيـاً P / Q مقابـل Q لإنتـاج النفـط العالـمي ووصـل إلـى اسـتنتاج مذهـل: مـن المحتمـل أن يكـون إنتـاج النفـط العالـمي قـد بلـغ ذروتـه في نهايـة عـام 2005.

يوضـح الرسـم البيانـي أدنـاه إنتـاج النفـط العالـمي مـع الـذروة المشـار إليهـا بوسـاطة الشـعيرات المتقاطعـة. الرسـم البيانـي الداخلـي هـو البيانـات المعروضـة نفسـها مثـل الإنتـاج مقابـل الزمـن ويظهـر المنحنـى علـى شـكل جـرس الـذي يتطـور عنـد رسـم إنتـاج النفـط.

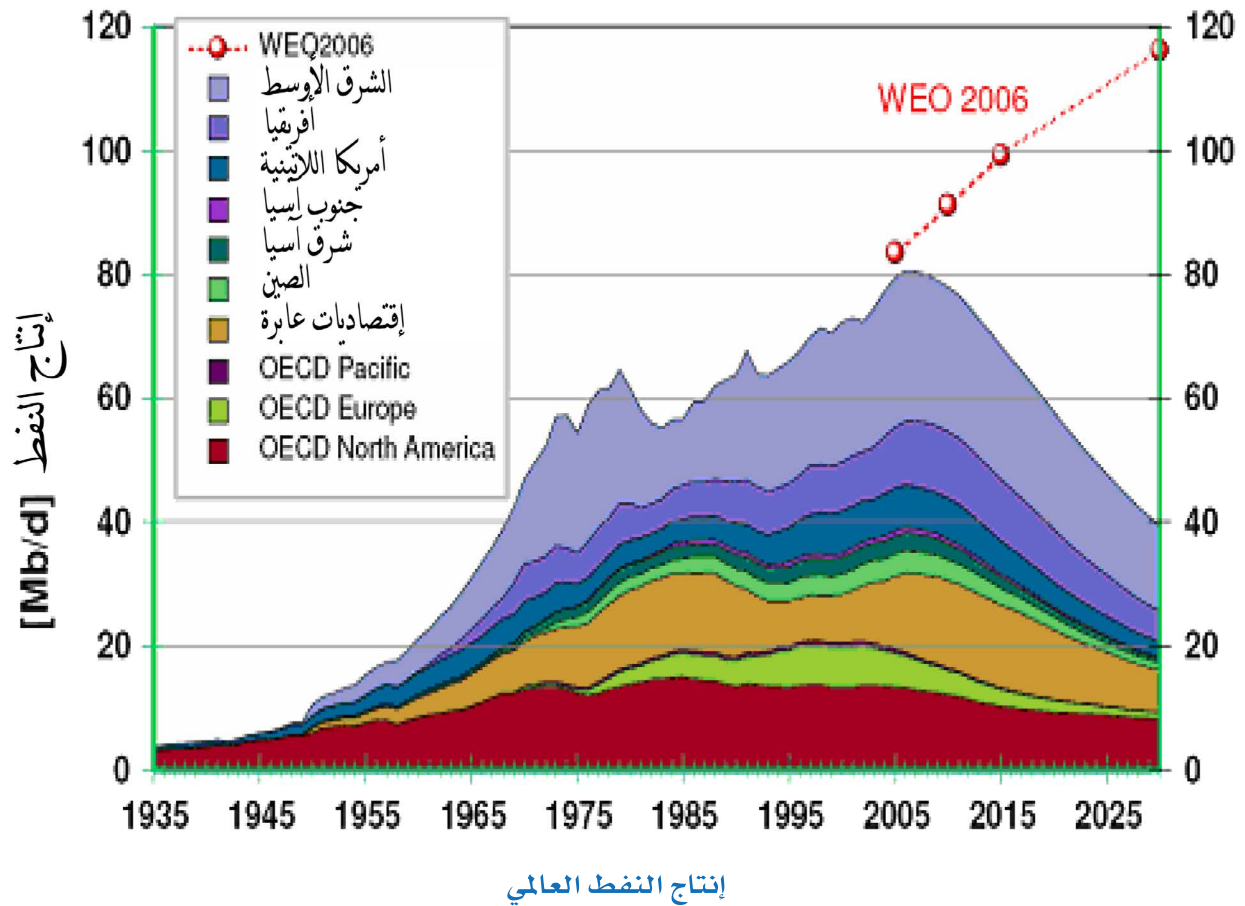




أدلى ديفيد أورايلي -وهو رئيس مجلس الإدارة والرئيس التنفيذي لشركة شيفرون، مع أنه لم يعبر رسمياً عن إيمانه بذروة النفط- بتعليقات تضفي مصداقية على تحليل ديفيس: «لقد استغرقنا 125 عاماً لاستخدام أول تريليون برميل من النفط. سنستخدم التريليون القادم خلال 30 عام». ومع ذلك، فإن التنبؤ بذروة النفط باستخدام تقنية ديفيس لمنهج هوبرت لا يعتبر بأي حال التاريخ المقبول لذروة النفط.

توجد حالياً مجموعة من التقديرات، تتراوح من أنها حدثت بالفعل إلى أنها ستحدث في وقت ما في القرن المقبل. سنراجع لاحقاً بعض التقديرات التفصيلية بما في ذلك الدراسات التي أجرتها مجموعة مراقبة الطاقة (EWG) وEIA ومكتب محاسبة الحكومة الأمريكية (GAO).

لقد أكملت مجموعة مراقبة الطاقة، وهي مجموعة ألمانية غير هادفة للربح من العلماء الأوروبيين وعدد قليل من البرلمانيين، نظرة شاملة على الوقت الذي من المحتمل أن يصل فيه إنتاج النفط العالمي إلى الذروة. أشارت نتائجهم إلى أن ذروة النفط حدثت في عام 2006، على غرار النتيجة التي توصل إليها ديفيس. واستند اعتقادهم بأن ذروة النفط قد حدثت بالفعل على افتراضات متشائمة فيما يتعلق بإمكانية الحفر في المياه العميقة والبحرية إلى جانب توقع حدوث انخفاضات أكثر أهمية في إنتاج النفط من الشرق الأوسط. يوضح الشكل الآتي أدناه توقعات إنتاج EWG، بما في ذلك السطر الذي يعرض توقعات وكالة الطاقة الدولية لعام 2006.



إنتاج النفط العالمي



وجدت وكالة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA) أن تقديرات ذروة النفط هذه متشائمة جداً. لقد أجروا دراسة عام 2004 لسيناريوهات مختلفة لإمدادات النفط العالمية طويلة الأجل بناءً على تقديرات احتياطي هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية.

تستخدم دراسة (EIA) تقييم الأثر البيئي شكلين وظيفيين للتنبؤ بإنتاج النفط:

1. **نسبة نمو ثابتة حتى ذروة الإنتاج.**

2. **نسبة ثابتة للاحتياطيات إلى الإنتاج قدرها 10 % للانخفاض بعد الذروة.**

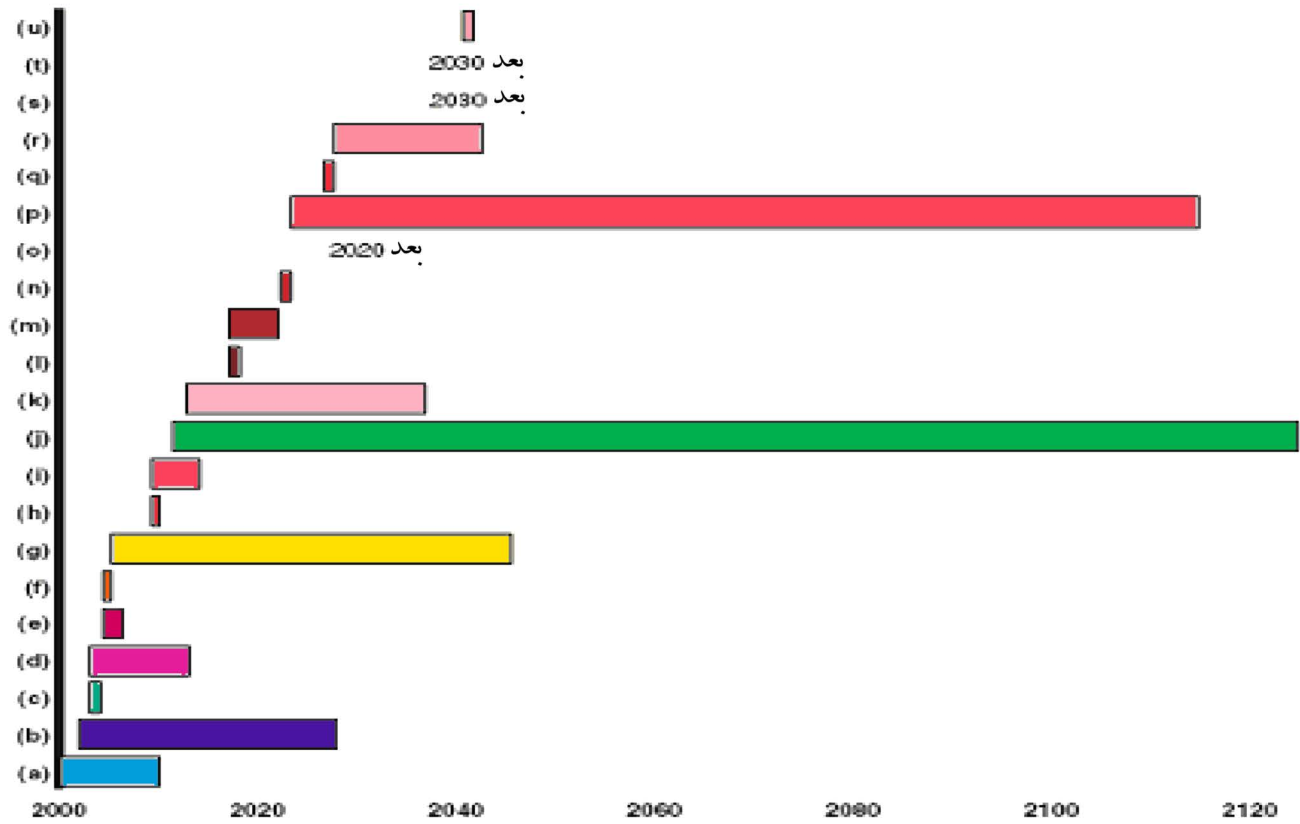
وقد اختارت (EIA) عدم استخدام المنحنى اللوجستي لأنها شعرت أن وظيفة واحدة لا يمكن أن تمثل بدقة الإنتاج العالمي.

أدت نتائج تحليلهم إلى أن وكالة معلومات الطاقة تقول إنهم لا يعتقدون أن ذروة النفط ستحدث في المستقبل القريب. ومع ذلك، أوضح تقييم الأثر البيئي اعتقاده أن الاستعدادات لذروة النفط يجب أن تبدأ حالياً: «بالنظر إلى الفترات الزمنية الطويلة المطلوبة لاختراق كبير لتقنيات الطاقة الجديدة في السوق الشامل، فإن هذه النتيجة لا تبرر بأي حال من الأحوال الرضا عن جانب العرض، والبحث والتطوير في جانب الطلب».

نظر مكتب المحاسبة الحكومية في الولايات المتحدة في العديد من دراسات ذروة النفط الرئيسية في تقريره «عدم اليقين بشأن إمدادات النفط المستقبلية يجعل من المهم تطوير استراتيجية لمعالجة الذروة والانخفاض في إنتاج النفط». كما وجد هذا المكتب أن معظم الدراسات أشارت إلى أن إنتاج النفط العالمي قد بلغ ذروته بالفعل أو أنه سيبلغ ذروته في وقت ما بين الوقت الحالي وعام 2040.



في ضوء هذه التقديرات، توصلوا إلى استنتاج مفاده أن التحضير لذروة النفط كان ضرورياً ويجب أن يبدأ على الفور. يجري تضمين الشكل الآتي أدناه تمثيل مرئي لتقديرات ذروة النفط التي راجعها مكتب المحاسبة الحكومية.



توقعات الوصول إلى ذروة النفط



• العـــرض والطلــــب

هل يمكن أن يكون إنتاج النفط العالمي قد بلغ ذروته بالفعل أم أنه سيبلغ ذروته في المستقبل القريب؟ نظراً لأن أسعار النفط حالياً تزيد عن أربعة أضعاف ما كانت عليه في عام 2004 ومع تزايد المخاوف بشأن قدرة شركات النفط العالمية على توسيع إمدادات النفط العالمية لتلبية الطلب المتزايد، فإن هذه الفكرة تبدو ذات مصداقية.

ومما يضفي مزيداً من الأدلة على هذا الاعتقاد أنه انخفض إنتاج النفط العالمي من عام 2006 إلى عام 2007 بنسبة 0.2 % إلى 81.53 مليون برميل يومياً بينما زاد استهلاك النفط (بما في ذلك استهلاك الوقود والإيثانول والديزل الحيوي) خلال الفترة نفسها بنسبة 1.1 % إلى 85.22 مليون برميل يومياً.

وصف تقرير فبراير 2005 الصادر عن مختبر تكنولوجيا الطاقة الوطني التابع لوزارة الطاقة الأمريكية الوضع بهذه الطريقة: «الصورة هي صورة لعالم ينتقل من فترة طويلة كانت فيها إضافات الاحتياطيات أكبر بكثير من الاستهلاك إلى عصر كانت فيه الإضافات السنوية تقصر بشكل متزايد عن الاستهلاك السنوي. هذا ليس سوى واحد من عدد من الاتجاهات التي تشير إلى أن العالم يقترب بسرعة من الذروة الحتمية لإنتاج النفط العالمي التقليدي».

علامة أخرى على عدم كفاية إمدادات النفط هي أن إدارة معلومات الطاقة بدأت في قياس العرض والطلب على النفط في العالم ليس من ناحية النفط التقليدي، كما فعلت دائماً، من ناحية «السوائل»، التي تشمل الوقود الاصطناعي. حتى لو حدثت ذروة النفط بعد سنوات من الوقت الحالي، فإن العالم يواجه مشكلة خطيرة: الطلب العالمي على النفط يفوق قدرة شركات النفط العالمية على توفيره.



والنتيجة، كما لاحظ الرئيس التنفيذي لشركة بريتش بتروليوم BP، توني هوارد، هي أنه «على المدى المتوسط على الأقل، انتهى عصر الطاقة الرخيصة». ستكون عواقب هذا النقص في العرض، حتى لو لم تكن ناجمة بشكل مباشر عن ذروة إنتاج النفط العالمي، مماثلة لتلك التي حدثت في ذروة النفط.

الاستنتاج بسيط. حتى لو كانت ذروة النفط بعيدة عدة سنوات، فإن عدم التوازن في العرض والطلب على النفط العالمي يستدعي تنفيذ السياسات استعداداً للتحول بعيداً عن الاعتماد على النفط.

• هل ذروة النفط ظاهرة؟

كتب الدكتور ديفيد ديمينغ، عالم الجيولوجيا والمنتقد المخلص لمخاوف الاستدامة البيئية، في مقال نشره في يناير 2003 للمركز الوطني لتحليل السياسات: «بدلاً من الانتهاء، فقد بدأ عصر النفط للتو». يشعر عدد من النقاد أن ذروة النفط ليست ظاهرة تستحق المعالجة لأنهم يعتقدون أن إمدادات النفط ستستمر في تلبية الطلب لسنوات عديدة قادمة. يمكن تجميع وجهات نظرهم في خمس ادعاءات عامة حول سبب عدم حدوث ذروة في إنتاج النفط في أي وقت في المستقبل القريب. سيتم تحديد هذه المطالبات ومعالجتها فيما يأتي:

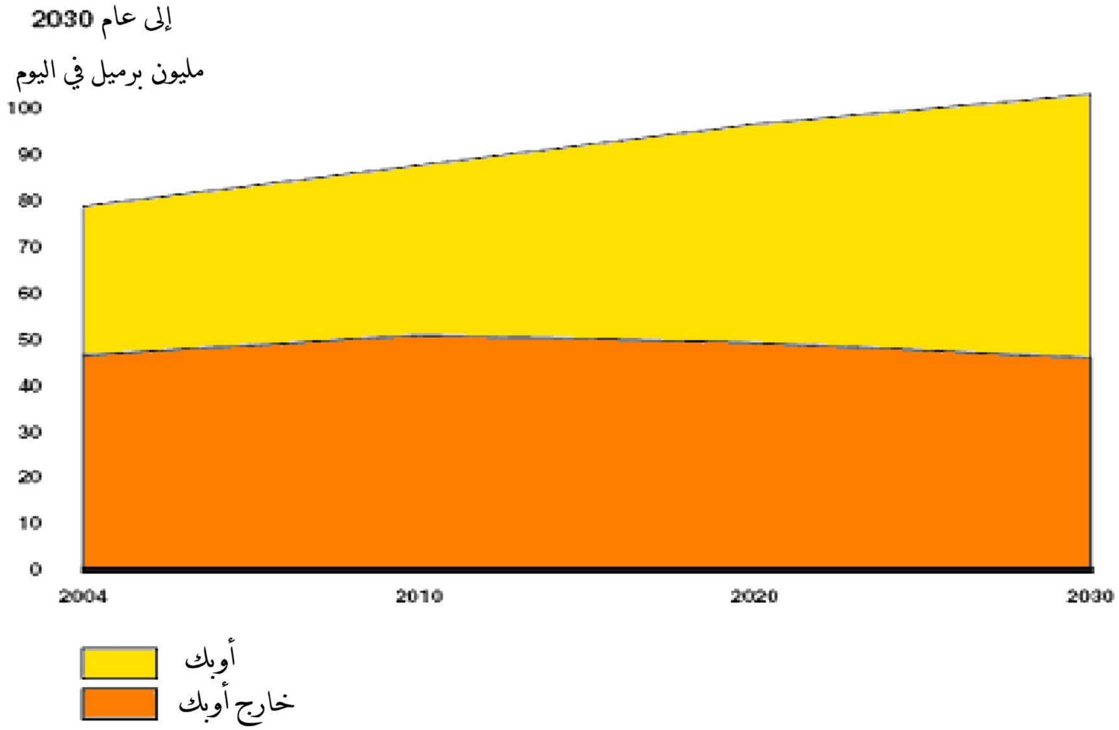
1. احتياطيات أوبك

يعتقد العديد من المسؤولين الحكوميين أن أوبك ستضخ ما يكفي من النفط لتلبية الطلب المستقبلي وتجديد الإنتاج المتضائل في حقول النفط خارج أوبك. يُعتقد أن السبب وراء عدم قيام أوبك بذلك ليس بسبب القيود الجيولوجية.

في الماضي، استخدمت وكالة الطاقة الدولية (EIA) ووكالة معلومات الطاقة



الأمريكيـة (IEA) هـذا الافتـراض في كثيـر مـن الأحيـان للتخفيـف مـن توقعـات إمـدادات النفـط في المستقبل. يوضـح الرسـم البيانـي أدنـاه إسـقاط (IEA) سـابق لهـذه الحقيقـة.



إنتاج العالم من النفط من قبل دول أوبك وغير أوبك

درس سـيمونز أكثـر مـن 200 ورقـة بحثيـة ذات صلـة بآبـار النفـط في المملكـة العربيـة السـعودية نُشـرت في جمعيـة مهندسـي البتـرول. ووجـد أن حقـل الغـوار، أكبـر حقـل نفطـي في العالـم أنتـج في الخمسـين عامـاً الماضيـة أكثـر مـن نصـف النفـط السـعودي بالكامـل، وهـو يحقـن بكميـات متزايـدة مـن الميـاه مـن أجـل الحفـاظ



على مستويات الإنتاج بالإضافة إلى ذلك، كان لا بد من إعادة حفر الغوار بطرائق أكثر تكلفة ومعقدة من الناحية الجيولوجية. لا يوجد حقل نفط في العالم يقيس حجم حقل الغوار، وعندما يبلغ ذروته، والتي قد تكون قريبةً، لن يكون هناك حقل نفط مماثل ليحل محله.

2. التطــورات التكنولوجيــة

هناك ادعاء آخر للنقاد هو أن التقدم التكنولوجي سيزيد بشكل كبير من الاحتياطيات المؤكدة ومعدلات إنتاج النفط التقليدي؛ لذلك، سيبقى عرض النفط قادراً على تلبية الطلب. ديفيد يرغين، مستشار الطاقة المؤثر، يستشهد بالتقدم التكنولوجي المستمر كسبب مهم وراء اعتقاده أن النفط سيستمر في القدرة على تلبية الطلب. ومع ذلك، يرى العديد من خبراء الطاقة أن هذه الفكرة ليست أكثر من «تمني». على الرغم من استخدام معدات متطورة جداً للتنقيب عن النفط، فإن معدلات اكتشاف النفط التقليدي لم تكن قريبة من المستويات التاريخية منذ ذروة اكتشاف النفط في عام 1960.

من المؤكد أن التكنولوجيا سمحت لشركات النفط بالعثور على المزيد من النفط التقليدي واستخراجه. على سبيل المثال، أدى الاستكشاف الموسع والحفر الأفقي والعميق إلى زيادة الإنتاج في عدد من الأماكن، حيث تعد البرازيل واحتياطياتها من النفط في المياه العميقة التي تبلغ عدة بلايين من البراميل مثالاً رئيسياً على ذلك.






ومع ذلك، فإن تقنيات الاسترداد هذه لها ثمن. يمكن للحفر الأفقي أن ينتج في أي مكان ما بين 2.5 إلى 7 أضعاف كمية النفط الممكنة من البئر الرأسي، لكن الحفر الأفقي يمكن أن يكلف ما يصل إلى 300 % أكثر من الحفر الرأسي. يمكن أن تصل عمليات الحفر في المياه العميقة والعميقة جداً حالياً إلى أعماق تصل إلى 10000 قدم، وهو إنجاز مذهل بكل الوسائل.

هذا النوع من الحفر، إلى جانب كونه محفوفاً بالمخاطر، فإنه مكلف جداً. مقارنة بالحفر في المياه الضحلة، يمكن أن تكون التكاليف الهامشية للحفر في المياه العميقة أكثر تكلفة من 3.0 إلى 4.5 مرة. ليس من المفاجئ إذن أن متوسط سعر إيجار السوق لمنصات أعماق البحار في خليج المكسيك يتراوح بين 210 آلاف دولار و300 ألف دولار في اليوم.

كما جرى الاستشهاد بتقنيات الاستخراج المحسن للنفط كطريقة لتوسيع إنتاج النفط التقليدي، لكن لا يمكن التنبؤ بها. إذا جرى استخراج النفط بسرعة كبيرة أو إذا استخدمت تقنيات الاسترداد الثانوية غير الصحيحة، فقد يتلف خزان النفط ويمكن تقليل كمية النفط القابل للاسترداد بشكل كبير.

مع أن استخدام طرائق الاستخراج المتقدمة تقنياً، فقد انهار إنتاج النفط بعد عام 2001 وتراجع بشكل مطرد منذ ذلك الحين. باختصار، مع أن التكنولوجيا ستسمح باستخراج المزيد من النفط التقليدي، إلا أن مخاطر الاستثمار والقيود المادية الأساسية وتكاليف الإنتاج ستبقى على الأرجح بالغة الصعوبة بالنسبة للتكنولوجيا لتوليد زيادات كبيرة في إمدادات النفط والتي ستكون ضرورية لتلبية الطلب في المستقبل.



3. الحوافـــز الاقتصاديـــة

بناءً على المنطق في الادعاء السابق، جادل النقاد بأن أسعار النفط المرتفعة ستحفز شركات النفط لإيجاد طرائق جديدة لتلبية الطلب المستقبلي حيث إن الأسعار المرتفعة تجعل التوسع في إنتاج النفط التقليدي أكثر ربحية وتحقق زيادات كبيرة في إنتاج النفط غير التقليدي. المصادر التقليدية للنفط مثل الرمال النفطية أكثر جاذبية من الناحية المالية.



استخراج النفط: تُعد منطقة رمال القار في البرتا واحدة من الأماكن القليلة في العالم التي يمكن فيها استخراج النفط من الأرض



يعتبر كبير الاقتصاديين في شركة BP بيتر ديفيس مناصراً لوجهة النظر هذه إلى حد القول «لا نعتقد أن هناك قيوداً مطلقة على الموارد». من الواضح أن هذا الادعاء الاقتصادي ينطوي على قيود جيولوجية أساسية ولكنه يستحق المعالجة.

القيود الجيولوجية على إنتاج النفط التقليدي لا تبشر بالخير لأتباع هذا الادعاء. لن تحتاج شركات النفط فقط إلى إنتاج ما يكفي لتجديد الإنتاج المتراجع في الحقول القديمة، بل ستحتاج أيضاً إلى إنتاج الكمية الإضافية اللازمة لتلبية الطلب المقدر.

بعض الأفراد الذين يفضحون الادعاء القائل بإمكانية زيادة الإنتاج التقليدي بشكل كبير لتلبية الطلب المستقبلي كانوا من صناعة النفط نفسها، وهو أمر مثير للدهشة لأن شركات النفط لديها مصلحة في الحفاظ على الثقة في الإنتاج المستقبلي، ومن ثم ضمان استمرار ثقة المستثمرين.

قال جيمس مولفا، الرئيس التنفيذي لشركة ConocoPhillips «لا أعتقد أننا سنشهد زيادة الإمداد بما يزيد عن 100 مليون برميل يومياً ... من أين سيأتي كل ذلك؟» كريستوف دي مارغري، الرئيس التنفيذي لشركة Total SA، كان لديه تصريح أكثر جرأة: «100 مليون برميل يومياً هي حالياً في رأيي حالة متفائلة. هذه ليست وجهة نظري فقط. إنها وجهة نظر الصناعة، أو وجهة نظر أولئك الذين يحبون التحدث بوضوح وصدق وليس ... فقط محاولة إرضاء الناس».

يتطلب إنتاج النفط من الرمال النفطية استثمارات رأسمالية كبيرة، وهو كثيف الطاقة، ويمكن أن يكون له آثار ضارة على البيئة.

على سبيل المثال، يجب تجريد 2 طن من الرمل النفطي من كل برميل من النفط وتتطلب عملية الاستخراج ثلاثة براميل من الماء لكل برميل من النفط. في ألبرتا،

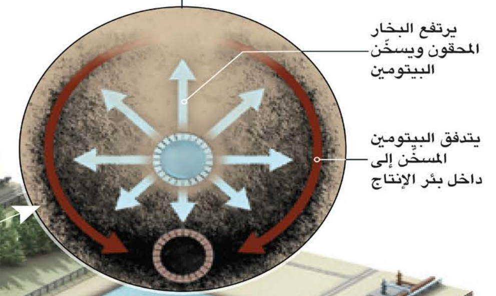
كندا، كان استخدام طاقة الغاز الطبيعي مكثفاً جداً لعمليات الرمال النفطية لدرجة أن الحكومة تفكر في بناء محطة للطاقة النووية للمساعدة في تلبية الطلب على الطاقة.

كيف يصنع نفط رمال القار

يتم طهي الرمال النفطية في ألبرتا بفعل حرارة الأرض، مما يؤدي إلى تشكل طبقة قارية (قطرانية) سميكة من النفط أو البيتومين. تغطي كل فقاعة من البيتومين حبيبات الرمال المنتفخة والماء، اللذين يتعين تحريرهما قبل أن تصبح عملية معالجة البيتومين ممكنة. قد يتكوَّن الرِّكاز ore النموذجي من 73% من الرمل، و 12% من البيتومين و 10% من الطين و 5% من الماء. إن عملية فصل هذه العناصر اللزجة قد ينجم عنها كميات كبيرة من الترسبات السامة.



عملية الصهر: تشمل عملية ما يسمى الإنتاج في الموقع ضخ بخار عالي الحرارة عبر أنابيب تمدد على عمق يتجاوز 200 متر تحت سطح الأرض، حيث يقوم بصهر القار في مكان وجوده، ومن ثم يُشفط هذا القار إلى السطح من أجل معالجته بواسطة آبار الإنتاج. والقار الناتج يمكن إمّا تكريره أو تمديده ليتدفق في خط أنابيب بعيد المدى. وتتطلب هذه الطريقة طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لعملية التعدين، ممّا يؤدّي إلى انبعاث المزيد من غازات الاحتباس الحراري.



75 متراً

بيتومين

بخار

200 متر

خزانات الرمال النفطية

بئر الإنتاج

عملية التعدين: لتعدين بيتومين ألبرتا، تقوم أولا آلات ثقيلة بتجريف الغابات الشمالية وطبقة خثّ الطحالب الميتة تحتها، وذلك لإظهار طبقات رمال القار. وتقوم جرافات بمغارف كهربائية باستخراج الرِّكاز، الذي يُنقل بعيدا في شاحنات عملاقة ليتم تكريره وتحويله إلى هيدروكربونات مماثلة إلى النفط الخام التقليدي أو تمديده كي يتدفق في خط أنابيب نقل النفط.



مع وجود استثمارات بعشرات البلايين من الدولارات وسنوات من التطوير، فقد بلغ الإنتاج في عام 2006 من احتياطيات الرمال النفطية القابلة للاسترداد اقتصادياً في كندا والتي تقدر بـ 180 بليون برميل نحو 1.1 مليون برميل من النفط يومياً.

هذا المقدار من الإنتاج مهم بالتأكيد، حيث يمثل ما يقرب من 7 % من احتياجات النفط الأمريكية الحالية، لكنه ليس على النطاق المطلوب لتلبية الطلب العالمي على النفط في المستقبل. وقد جرى مقارنة الاحتياطيات من النفط غير التقليدي بوجود 100 مليون دولار في البنك ولكن «ممنوع سحب أكثر من 100000 دولار في السنة. أنت غني، نوعاً ما».

ومع ذلك، فإن النقاد محقون في أن المصادر غير التقليدية للنفط يمكن أن تكون مهمة في مزيج الطاقة في الدولة. في الواقع، تستخدم دولة واحدة في العالم مصدراً غير تقليدي للنفط كمصدر أساسي للطاقة. يمثل الصخر النفطي أكثر من 75 % من إمدادات الطاقة في إستونيا.

لقد كان لاستخدام الصخر النفطي تكلفة كبيرة، مع ذلك، وفقاً لمجلة Oil Shale: «لقد أدى تعدين الصخر النفطي ومعالجته إلى تلوث بيئي خطير. في عام 2002، استخدم 91 % (أكثر من بليون متر مكعب) من المياه المستهلكة في إستونيا في صناعة الطاقة. ويأتي نحو 97 % من تلوث الهواء، و86 % من إجمالي النفايات، و23 % من تلوث المياه في إستونيا من صناعة الطاقة». ونظراً لقيود الإنتاج، والاستخدام المرتفع للطاقة، والتكاليف البيئية الباهظة، فإن الاعتماد على مصادر النفط غير التقليدية لتلبية الطلب العالمي على النفط لا يبدو اقتراحاً معقولاً.



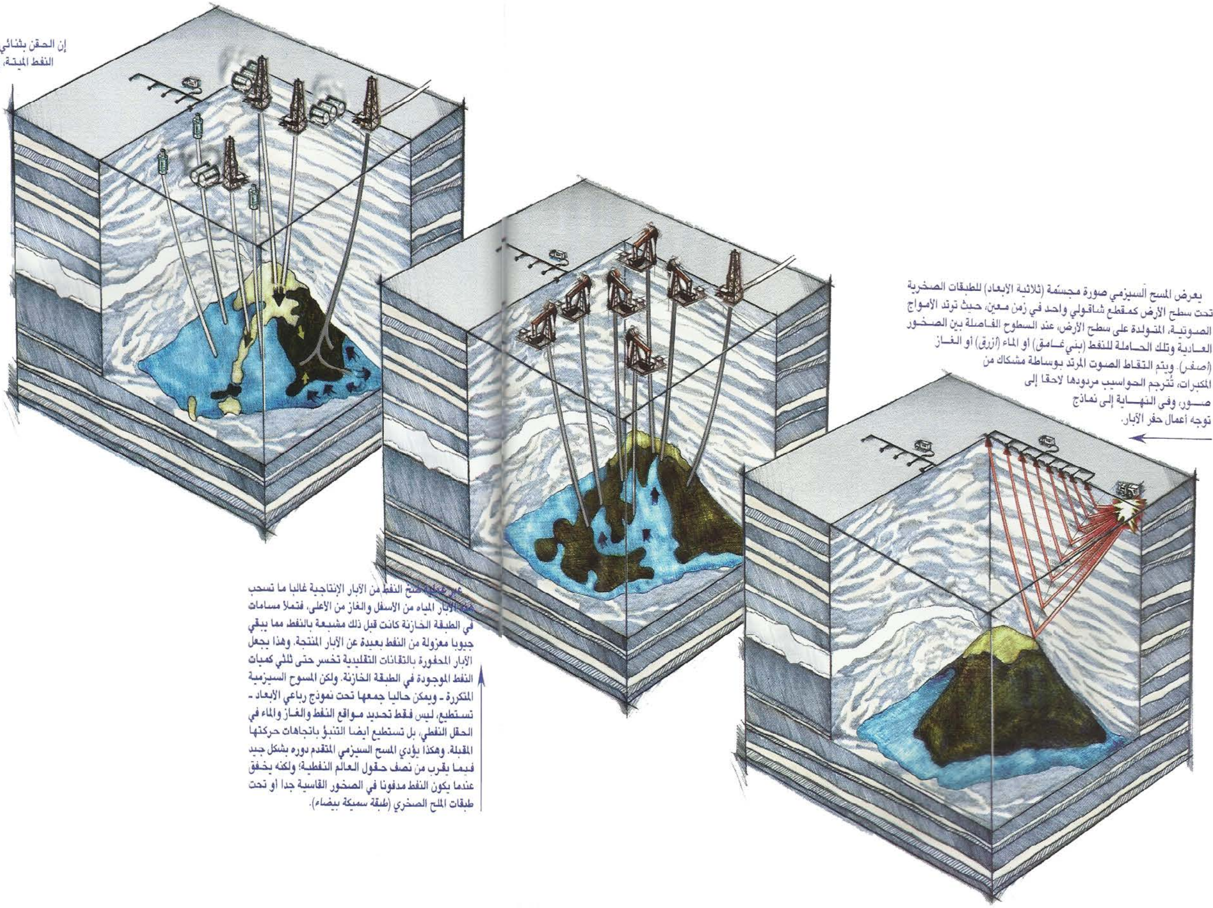
4. القيــــود

حجة شائعة من بعض الأفراد هي أن شركات النفط يمكن أن توفر إمدادات كافية لتلبية الطلب إذا سمحت الحكومات بمزيد من التنقيب في المناطق الحساسة بيئياً وتقليل اللوائح المرهقة.

لمح رئيس شل جون هوفمايستر إلى هذه الحجة في جلسة استماع بالكونغرس في أبريل 2008 في واشنطن العاصمة: «صناعة النفط تكافح ... نحن نكافح من أجل الوصول حيث يمكننا الحصول على استثمارات مناسبة تجعل العائد جديراً بالاهتمام».

كان مؤيدو هذا الادعاء أكثر صخباً في الولايات المتحدة. غالباً ما يستشهد منتقدو الولايات المتحدة بثلاثة مجالات يشعرون فيها أن الحكومة الأمريكية كان لها تأثير سلبي على قدرة شركات النفط الأمريكية على زيادة العرض: اللوائح البيئية المتعلقة بإنشاء مصافي جديدة، والحظر الحالي على التنقيب البحري، ورفض فتح المصافي في محمية ألاسكا الوطنية للحياة البرية للاستكشاف والإنتاج.





رسم توضيحي لطرائق التنقيب البحري الحديثة.



في عام 2005، أصدر الكونغرس الأمريكي تشريعات شاملة سهلت على شركات النفط الحصول على تصاريح لبناء مصاف جديدة. جرت صياغة القانون رداً على شكاوى من شركات النفط من أن تكاليف البناء، واللوائح البيئية، ومعارضة المجتمعات المحلية تجعل بناء مصافٍ جديدة أمراً صعباً.

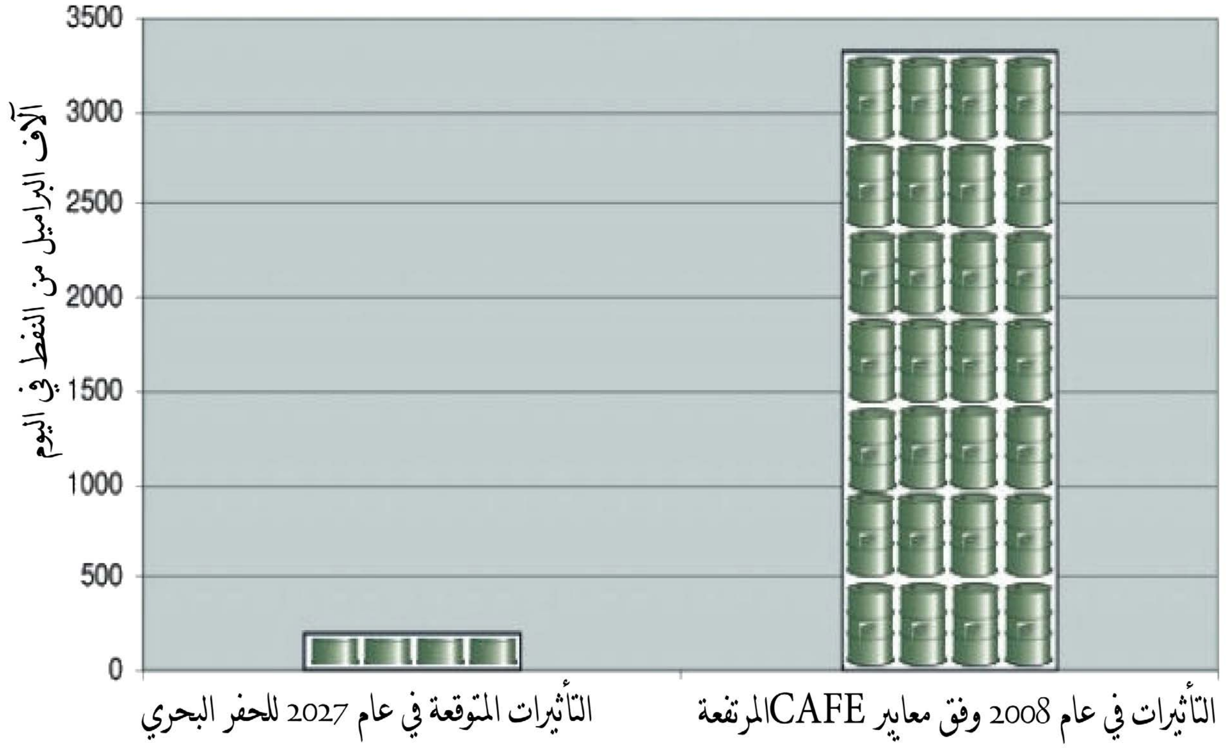
يساعد القانون في كل مجال من خلال توفير إعفاءات ضريبية مهمة وتبسيط عملية موافقة وكالة حماية البيئة. ومع ذلك، لم يجر بناء مصاف جديدة. يعتقد جاي كاروزو، رئيس قسم تقييم الأثر البيئي، أن السبب الحقيقي وراء الافتقار إلى إنشاءات جديدة يرجع إلى اتخاذ القرارات على المدى الطويل في شركات النفط، وليس بسبب التنظيم الحكومي: «هذه استثمارات لمدة 20 و30 عامًا. كانت الاقتصاديات جيدة جداً خلال السنوات العديدة الماضية. أعتقد أن المشكلة الحقيقية هي على المدى الطويل، ما إذا كان بإمكانهم الافتراض أنهم سيحصلون على نوع (الأرباح) الذي رأيناه مستمراً مؤخراً».

تشير هذه الحقائق إلى أن شركات النفط لا تشارك وجهة النظر المتفائلة بشأن إنتاج النفط المستقبلي التي يتبناها العديد من منتقدي ذروة النفط، ولذلك قرروا عدم القيام بالاستثمارات الكبيرة اللازمة لبناء مصافٍ جديدة.

أجرى مركز أبحاث الاقتصاد والسياسة تحليلاً للتأثير المحتمل للحفر البحري على سعر البنزين. بعد مراجعة أدبيات تقييم الأثر البيئي حول هذا الموضوع، وجدوا أن التنقيب البحري لن ينتج النفط لمدة عشر سنوات على الأقل، وسيبلغ ذروته عند 0.2 % من إنتاج النفط العالمي المتوقع خلال 20 عاماً، وسيكون أقل من أن يكون له أي تأثير مادي على أسعار البنزين.

قارنوا تأثير الحفر البحري في عام 2027 مع تأثير رفع معايير متوسط اقتصاد الوقود للشركات (CAFE) بمقدار 0.4 ميل لكل غالون سنوياً على مدار الـ 22 عاماً الماضية في عام 2008. ونتائجهم موضحة في الشكل الآتي:





الأثر النسبي للتنقيب البحرية ومعايير كفاءة الوقود.

كانت إحدى المعارك السياسية الجارية في الولايات المتحدة هي ما إذا كان سيفتح محمية الحياة البرية الوطنية في ألاسكا (ANWR) للتنقيب عن النفط وإنتاجه أم لا. على عكس التنقيب البحري، الذي من المحتمل أن يكون تأثيره نفسياً أكثر من أي شيء آخر، فإن فتح ANWR للحفر سيؤثر مادياً على إنتاج النفط الأمريكي.

تتوقع إدارة معلومات الطاقة أن يكون إنتاج نفط ANWR بين 510.000 و1.45 مليون برميل يومياً في ذروة إنتاجها، بعد 20 عاماً من فتح منجم الحفر. يمكن



أن يؤدي هذا المقدار من الإنتاج إلى انخفاض بنسبة 2 إلى 6% في واردات الولايات المتحدة من النفط، لكنه لن يمثل سوى 0.4 إلى 1.2 % من الاستهلاك العالمي المتوقع للنفط في عام 2030.

مع أن ANWR يمكن أن تخفض سعر برميل النفط بمقدار 1.41 دولار في الحالة الأكثر تفاؤلاً، فإن هذا التخفيض غير منطقي تقريباً في مواجهة الأسعار الحالية التي تزيد عن 100 دولار لبرميل النفط، وتشير إدارة معلومات الطاقة إلى أنه يمكن تعويض تأثير ANWR بسهولة بوساطة قيود عرض أوبك.

ومن المثير للاهتمام أن قضية ANWR قد جمعت تحالفاً فريداً من الناس. لم يقتصر الأمر على ذروة منتقدي النفط في الولايات المتحدة الذين دعوا إلى التنقيب في ANWR. بدأ بعض أكبر مؤيدي ذروة إنتاج النفط بالدعوة إلى فتح ANWR للتنقيب عن النفط وإنتاجه.

كان النائب الدكتور روسكو بارتليت، مؤسس مجموعة ذروة النفط في مجلس النواب، قد صوت سابقاً ضد التنقيب في ANWR لأنه شعر أنه يجب الاحتفاظ بها عندما تكون هناك حاجة حقيقية إليها. يبدو أن بارتليت يعتقد حالياً أن الوقت قد حان.

في مايو 2008 شارك في رعاية HR 6107 الذي من شأنه أن يفتح ANWR للحفر. ومع ذلك، فإن السبب الرئيسي لدعم هذا الإجراء لم يكن قائماً على إمدادات النفط الإضافية التي سيوفرها حيث قال: «أنا انضم حالياً بصفتي الراعي الأصلي لمشروع القانون الجديد هذا لأنه يخصص الإيرادات الفيدرالية من ANWR لزيادة الاستثمارات الفيدرالية في البحث والتطوير والإنتاج لمصادر الطاقة المحلية والبديلة والمتجددة الأنظف، وكفاءة الطاقة، والمحافظة عليها بدون تكلفة لدافعي الضرائب.



النفط وأنواع الوقود الأحفوري الأخرى محدودة. نحن بحاجة إلى تشجيع الاستثمارات الفيدرالية القوية للانتقال إلى أشكال طاقة أنظف ومحلية ومتجددة».

5. النفـــط اللاأحيـــائي

الادعاء الجيولوجي لعدد قليل من منتقدي ذروة النفط الهامشية هو أن النفط ليس مورداً محدوداً وأنه يتشكل بشكل غير حيوي. جرى تقديم هذا الادعاء مع الرأي السائد للجيولوجيين المحترمين بأن النفط محدود ويمكن تفسيره تماماً من خلال العمليات الحيوية الطبيعية. حتى الغالبية العظمى من منتقدي ذروة النفط المتحمسين يعترفون بالطبيعة غير المتجددة للنفط، ومن ثم سيجري التعامل مع هذا الادعاء لفترة وجيزة فقط في ضوء نقص الأدلة العلمية التي تدعمه.

كتب الدكتور جيفري جلاسبي في مجلة Resource Geology دحض النظرية اللاأحيائية للنفط. يمكن الرجوع إلى مقالته (الأصل الأبوجيني للهيدروكربونات: نظرة تاريخية عامة)، للحصول على التفاصيل التقنية التي تجعل النظرية اللاأحيائية للنفط غير صالحة علمياً.

كانت مراجعة جلاسبي ذات الصلة بمناقشة ذروة النفط لقطعة للجيولوجي ديل فايفر قال جلاسبي: «بعد النظر في عدد من الاحتمالات بما في ذلك سيليجان رينغ Siljan Ring، قبالة ساحل فيتنام، وجزيرة يوجين Eugene في خليج المكسيك، وحوض دنيبر-دونيتس Dnieper-Donets، فإن فايفر لم يكن قادراً على الاستشهاد بأي مثال على حدوث النفط اللاأحيائي بكميات تجارية».

إن المدافعين عن النفط اللاأحيائي محقون في قولهم إن الهيدروكربونات يمكن أن تتشكل بشكل غير حيوي. الميثان هو مثال رئيسي. ومع ذلك، فإن كمية الميثان التي لا تتشكل بوساطة العمليات البيولوجية تمثل أقل من 1 % من غاز الميثان الموجود على الأرض.

ليس هناك شك في أن النفط هو مورد محدود وغير متجدد، وأي توقع لإيجاد احتياطيات هائلة من النفط غير الحيوي لا أساس له على الإطلاق.



التحديـــات التي تواجـه الطاقـــة الأحفوريـــة

التأثيـر الأكثـر وضوحـاً لـذروة النفـط هـو سـعر برميـل النفـط الخـام. يتحـدد سـعر السـلعة مـن خـلال ندرتهـا النسـبية. عندمـا يتجـاوز الطلـب علـى النفـط المعـروض المتـاح، كمـا هـو الحـال حاليـاً، يرتفـع سـعر النفـط. إن السـعر الحقيقـي للنفـط حاليـاً أعلـى مـن أي وقـت مضـى.

وجد تقرير لوكالة الطاقة الدولية (IEA) حول تأثير ارتفاع أسعار النفط أن ارتفاع أسعار النفط من المرجح أن يتسبب في تراجع نمو الناتج المحلي الإجمالي في جميع أنحاء العالم، وارتفاع مستويات البطالة، ومشكلات عجز الميزانية في البلدان المستوردة للنفط، وضغوط التضخم المزعزعة للاستقرار في البلدان النامية. وهي البلدان التي تعاني من تداعيات هذه الآثار.

ستؤدي ذروة النفط إلى تفاقم هذه المشكلات (أو تساهم حالياً في حدوثها)، وسيكون لها أيضاً العديد من التأثيرات الأخرى الواسعة الانتشار.

1. الأســـعار العالميـــة

عندما ترتفع أسعار النفط الخام، ستتأثر أسعار السلع التي تستخدم البتروكيماويات كمادة وسيطة. نظراً لانتشار البتروكيماويات، فإن العديد من مصنعي السلع الاستهلاكية سيتعرضون لضغوط لرفع الأسعار استجابة لارتفاع التكاليف.

يقدر الخبير الاقتصادي في مجلس الكيمياء الأمريكي، كيفن براون، أن مكونات الشامبو (باستثناء الماء ولكن بما في ذلك الزجاجة المعبأة)، 100 % من قيمتها مشتقة من المنتجات القائمة على البترول.



شهد الأسفلت، وهو منتج ثانوي لتكرير النفط الخام، ارتفاعاً مزدوجاً في الأسعار مؤخراً. من المحتمل أن تتسبب ذروة النفط في استمرار ارتفاع الأسعار للعديد من السلع التي تنتج باستخدام البتروكيماويات.

كما ستتأثر أسعار المواد الغذائية سلباً بذروة النفط. كان المدخلان الزراعيان اللذان شهدا أكبر ارتفاع في الأسعار للمزارعين في العامين الماضيين هما الأسمدة القائمة على البترول والديزل للمعدات الزراعية، مع معدلات زيادة تصل إلى 45 % و 37 % على التوالي.

تبقى تكاليف الطاقة المرتفعة هي العامل الأكبر الذي يدفع التغيرات في الصناعة الزراعية وستستمر في قيادة زيادات الأسعار في قطاع الأغذية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطلب العالمي النهم على النفط قد خلق بالفعل نعمة للوقود الاصطناعي مثل الإيثانول، وستصير المنافسة بين الغذاء للاستهلاك والغذاء للوقود أكثر حدة خلال ذروة النفط ومن المرجح أن تؤدي إلى مزيد من الزيادات في أسعار المواد الغذائية.

وجد العاملون في صندوق النقد الدولي (IMF) أن سياسة الوقود الحيوي في البلدان الصناعية كانت المحرك الرئيسي للزيادات الأخيرة في أسعار الغذاء العالمية. يتخصص المزيد من الأراضي الزراعية كل عام للغذاء من أجل الوقود، وسيكون الحافز للقيام بذلك أكبر في مواجهة احتياطيات النفط المتضائلة، مما يؤدي إلى تفاقم أزمة الغذاء العالمية الحالية.



2. النقـــل الحـــديث

ستؤدي ذروة النفط إلى زيادة تكلفة وقود النقل بسبب ارتفاع أسعار النفط الخام، مع أن أسعار الوقود ستبقى تختلف من بلد إلى آخر اعتماداً على الضرائب التي تفرضها الحكومات أو أي دعم للأسعار قد يكون ساري المفعول.

أدى الارتفاع الحالي في أسعار الوقود في جميع أنحاء العالم إلى احتجاجات واسعة النطاق من قبل الجماعات الأكثر تضرراً، مثل سائقي الشاحنات المستقلين. بعض البلدان التي تشهد احتجاجات كبيرة على الوقود تشمل فرنسا والبرتغال وإسبانيا والهند وماليزيا ونيبال وكوريا الجنوبية وتايلاند. ستسهم ذروة النفط في زيادة الاضطرابات الأهلية في العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم.

ستؤدي ذروة النفط إلى مزيد من الحفظ في قطاع النقل، وخاصة من قبل الأفراد. في الولايات المتحدة، أكبر مستخدم للوقود في العالم، أدى ارتفاع أسعار الوقود بالفعل إلى زيادة استخدام وسائل النقل العام. بلغ استخدام النقل الجماعي أعلى مستوى له منذ 50 عاماً.

ومع ذلك، لم تكن الزيادة في عدد الركاب إيجابية تماماً؛ لقد دفع بعض أنظمة النقل العام إلى أقصى حدودها وأدى انخفاض استخدام الوقود إلى انخفاض عائدات ضريبة الوقود التي تستخدمها الحكومات للبنية التحتية.

علامة أخرى على الحفظ بسبب ارتفاع أسعار الوقود في الولايات المتحدة كانت نهاية علاقة حب أمريكا لسيارة الدفع الرباعي. انخفضت مبيعات سيارات



الدفع الرباعي بشكل كبير، واستمرت قيم إعادة بيع سيارات الدفع الرباعي في التدهور، ومبيعات السيارات الأصغر في ارتفاع.

بالإضافة إلى التحول بعيداً عن سيارات الدفع الرباعي، يستفيد العديد من الأفراد في الولايات المتحدة من ترتيبات العمل المرنة مع أصحاب العمل مثل العمل عن بُعد، وقد بدأ البعض حتى في البحث عن وظائف أقرب إلى المنزل. سوف تتسارع هذه الاتجاهات خلال ذروة النفط.

ستتأثر العديد من الشركات بزيادة تكاليف النقل بسبب ذروة النفط. لقد تأثر صانعو السيارات الأمريكيون، مع اعتمادهم الكبير على مبيعات سيارات الدفع الرباعي، سلباً بالفعل بسبب ارتفاع أسعار الوقود ومن المحتمل أن يواجهوا المزيد من الآثار السلبية ما لم ينجحوا في تنويع مزيج منتجاتهم لتشمل المزيد من المركبات والهجينة ذات الكفاءة في استهلاك الوقود.

ستتأثر شركات الطيران أيضاً بشكل خطير بذروة النفط. تشير التقديرات إلى أن كل دولار زيادة في النفط تؤدي إلى زيادة قدرها 465 مليون دولار في تكاليف النقل لصناعة الطيران في الولايات المتحدة. هناك صناعة أخرى أقل وضوحا تتأثر بذروة النفط وهي تجارة التجزئة.

كلما زادت نسبة دخل الأسرة التي تستهلكها تكاليف الوقود، قل المال الذي يتعين على المستهلكين إنفاقه على العناصر التقديرية. من المحتمل أن يكون لذروة النفط تأثيرات منتشرة على الاقتصادات الوطنية.



3. الشـــؤون الدوليـــــة

كتـب الدكتـور مايـكل كليـر، أسـتاذ دراسـات السـلام والأمـن العالمـي في كليـة هامبشـاير، ثلاثـة كتـب عـن الآثـار الجيوسياسـية للطاقـة. يتوقـع كليـر اتجاهـات مشـؤومة للشـؤون الدوليـة مـع نـدرة المـوارد. ويستشـهد بخمـس قـوى جيوسياسـية رئيسـية سـتغير الوضـع العالمـي الحالـي وسـتكون لـكل مـن هـذه القـوى نتائـج مهمـة خـلال ذروة النفـط:

1. سـيؤدي اسـتخدام الطاقـة المتزايـد مـن القـوى الاقتصاديـة الناشـئة مثـل الصيـن إلـى دفـع التنافـس الشـديد علـى المـوارد بـين القـوى الغربيـة الراسـخة والقـوى الصاعـدة في العالـم النامـي. نظـراً لأن الشـركات الغربيـة كانـت ناجحـة جـداً في عقـد صفقـات شـراء الطاقـة والمـوارد، ستشـعر القـوى الناشـئة أنـه ليـس لديهـا خيـار سـوى تعزيـز التوسـع في شـركات الطاقـة المملوكـة للدولـة وعقـد تحالفـات اسـتراتيجية.

2. إمـدادات الطاقـة الأوليـة لـن تكـون كافيـة لتلبيـة المسـتويات المرتفعـة مـن الطلـب. سـتكون العواقـب نقصـاً عالميـاً واسـتمرار ارتفـاع الأسـعار، ممـا يسـبب مشـقة لـلأفـراد في كل مكـان وخاصـة أولئـك الذيـن يعيشـون في العالـم النامـي.

3. لـن تتوفـر بدائـل الطاقـة فـوراً في الوقـت المناسـب لتجنـب تعديـل مؤلـم بعيـداً عـن الوقـود الأحفـوري لأن مئـات البلايـين مـن الـدولارات مـن الاسـتثمارات المطلوبـة للقيـام بذلـك لـن تُنفـق. في عـام 2004، قـدرت وزارة الطاقـة الأمريكيـة (DOE) أن 86 % مـن الطاقـة العالميـة سـتتوفر بوسـاطة الوقـود الأحفـوري. كانـت توقعـات وزارة الطاقـة حتـى عـام 2030 تحـوي علـى الوقـود الأحفـوري الـذي يمثـل الحصـة نفسـها مـن الطاقـة العالميـة. سـيؤدي هـذا الاعتمـاد علـى



الوقود الأحفوري إلى تعزيز الحفر والتعدين في المناطق الحساسة بيئياً، وجعل أهداف الحد من ثاني أكسيد الكربون لتجنب تغير المناخ صعبة التحقيق، وقد يجعل من الضروري توسيع الاستكشاف والإنتاج في المناطق غير المستقرة سياسياً في العالم.

4. ستعاني الدول المستوردة للطاقة مثل الولايات المتحدة ودول أوروبا من فقدان القوة والثروة التي ستنقلها إلى الدول المصدرة للطاقة مثل المملكة العربية السعودية وإيران وفنزويلا وروسيا. الدليل على هذا الاتجاه واضح بالفعل. المملكة العربية السعودية تتنعم بأموال النفط ولله الحمد، وعادت روسيا إلى الظهور كقوة قوية في العلاقات الدولية بسبب احتياطياتها الهائلة من الطاقة، وتستخدم فنزويلا جزءاً من عائداتها النفطية كأداة جيوسياسية، وتمكنت إيران من مواصلة تخصيب اليورانيوم رغم العقوبات الغربية.

5. ستزداد بلا شك إمكانية انتهاج سياسة خارجية عدوانية. من أجل الحصول على صفقات أفضل في مجال الطاقة، زادت القوى الكبرى مثل الولايات المتحدة والصين وروسيا صفقات الأسلحة إلى الدول المنتجة للنفط، مما زاد من زعزعة استقرار المناطق المضطربة في العالم مثل إفريقيا والشرق الأوسط. جرى الاستشهاد بغزو العراق، البلد الذي يتمتع باحتياطيات هائلة من النفط، كمثال على استخدام القوة العسكرية التي قد تكون أكثر انتشاراً في عالم يعاني من ضغوط الطاقة. ستسبب ذروة النفط ضغوطاً على الدول التي تعاني من عجز في الطاقة لاستعراض قوتها الاقتصادية والعسكرية في محاولة لانتزاع الإمدادات الثمينة من الدول الغنية بالنفط أو التغلب على المنافسين في الصراع الجيوسياسي على النفط الشحيح.



• الحفــــظ والكفـــــاءة

يجب تشجيع وتحفيز تدابير الحفظ، بالإضافة إلى ذلك، يجب تنفيذ معايير أكثر صرامة لتعزيز المزيد من الحفاظ على الطاقة مثل قوانين البناء الصارمة والكفاءة التدريجية للأجهزة الرئيسية لأن حلول ذروة النفط ستتطلب بالتأكيد استخدامًا أكبر للكهرباء.

ومع ذلك، فإن كفاءة الطاقة وحدها لن تكون كافية لمواجهة تحديات ذروة النفط. سيحتاج المستهلكون إلى تعديل أنماط حياتهم حيث يصبح النفط أكثر ندرة وتكلفة.

• الحلــــول الدوليــــة

نظرًا لأن النفط هو سوق عالمي، فإن ذروة النفط هي ظاهرة عالمية. لذلك اقترح جوردون براون، رئيس الوزراء البريطاني الحالي، معالجة المشكلة من خلال الوسائل الدولية. بالتأكيد سيكون التنسيق بين العالم المتقدم والعالم النامي ضرورياً، وخلال فترة انخفاض إنتاج النفط العالمي، سيكون الانفتاح من جانب دول أوبك فيما يتعلق بالاحتياطيات الفعلية وإمكانات الإنتاج مفيدًا عند وضع خطط ذروة الحد من النفط. لا يختلف عن مشروعات الفضاء الدولية الحالية وأهداف تغير المناخ، فإن مخاوف ذروة النفط تتطلب التنسيق والتعاون الدوليين.



بدائل الطاقة المستدامة

إنّ الاستخدام الأساسي للنفط هو في محركات الاحتراق الداخلي، وتتطلب هذه المحركات وقوداً سائلاً، وليس كهرباء، لتشغيلها. جرى تصميم البنية التحتية للنقل في جميع أنحاء العالم حالياً للمركبات التي تستخدم النفط ومن المتوقع أن تستمر أساطيل محركات الاحتراق الداخلي لعدة سنوات قادمة. سيكون تحويل وسائل النقل الحديثة لاستخدام مصادر طاقة مختلفة عملية مكلفة وصعبة.

إن تزويد السيارات في جميع أنحاء العالم بالوقود التي تستخدم محركات الاحتراق الداخلي لمصدر الطاقة الأساسي الخاص بها لن يكون مستداماً خلال ذروة النفط. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي تحويل محصول الحبوب بالكامل في الولايات المتحدة إلى إيثانول إلى تلبية 18 % فقط من متطلبات وقود السيارات في الولايات المتحدة.

مع أن تقنية تحويل الفحم إلى سائل واعدة، إلا أنها تقصر أيضاً ليس بسبب احتياطيات الفحم المحدودة، والتي هي ضخمة ووافرة، ولكن لأنها باهظة الثمن (ثلاثة إلى أربعة أضعاف تكلفة الإنتاج التقليدي لكمية مكافئة من النفط)، يواجه مقاومة بيئية قاسية (بدون التقاط الكربون وتخزينه، فإن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن تكرير وحرق الوقود المشتق من الفحم هي ضعف تلك المنبعثة من الهيدروكربونات التقليدية)، وسيتطلب زيادة كبيرة في إنتاج الفحم الحالي (لاستبدال 10 % فقط من الولايات المتحدة). تتطلب احتياجات الوقود السائل الحالية زيادة بنسبة 25 % في إنتاج الفحم). يجب أن يكمن الحل في تحويل البنية التحتية للنقل وأساطيل المركبات لاستخدام الهيدروجين أو الكهرباء كمصدر أساسي للطاقة.



من المحتمل أن تحدد تكاليف الإنتاج والبنية التحتية والسياسات الحكومية وتفضيلات المستهلك ما إذا كانت خلايا وقود الهيدروجين أو البطاريات الكهربائية هي مصدر الطاقة السائد للمركبات. ومع ذلك، من المحتمل أن تتمتع المركبات الهجينة الموصولة بالكهرباء بالميزة.

الطريقة الأرخص والأسهل لإنتاج الهيدروجين حالياً هي حرق الوقود الأحفوري، ومن ثم تحرير الهيدروجين المرتبط. هذه العملية كثيفة الاستهلاك للطاقة وتطلق ثاني أكسيد الكربون. لاستخدامه كوقود، يجب بعد ذلك ضغط الهيدروجين وتبريده إلى درجة حرارة منخفضة جداً للهيدروجين السائل أو وضعه تحت ضغط شديد لغاز الهيدروجين. يمثل الهيدروجين، سواء كان سائلاً أو غازاً، العديد من العقبات أمام البنية التحتية والإنتاج والسلامة.

المركبات الهجينة الكهربائية إلى جانب محركات الاحتراق الداخلي الصغيرة للسفر لمسافات طويلة متوافقة تمامًا مع البنية التحتية الحالية ويقدر أنها قادرة على العمل بالكهرباء طوال مدة التنقل اليومي الأمريكي العادي.

وجد تقرير مختبر شمال غرب المحيط الهادئ الوطني أنه إذا تحولت جميع المركبات في الولايات المتحدة إلى هجينة تعمل بالكهرباء، فيمكن شحن 80 % منها بالكامل (180 مليون سيارة) باستخدام البنية التحتية الكهربائية الحالية من خلال الاستفادة من سعة التوليد الزائدة المتاحة من محطات توليد الكهرباء في البلاد. وإذا ضُبطت هذه المركبات على مؤقتات لشحنها خلال ساعات الذروة الكهربائية (الليل)، يمكن أن تكون السيارات الهجينة الموصولة بالكهرباء مفيدة بالفعل لشبكة الطاقة من خلال تكريس استخدام الطاقة والإنتاج.



يمكن أن تأتي قدرة التوليد الكهربائية الإضافية اللازمة لتشغيل أساطيل المركبات من المركبات الهجينة الموصولة بالكهرباء أو لإنتاج الهيدروجين للمركبات التي تعمل بخلايا الوقود من الطاقة الشمسية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح، أو مزيج من مصادر الطاقة المتجددة، أو الفحم النظيف والطاقة النووية.

قد يكون استخدام مصادر الطاقة المتجددة هو الخيار الأفضل للعديد من الأسباب، ولكن قد تكون فترة مؤقتة لاستخدام أنظمة الطاقة غير المتجددة مفضلة من قبل بعض الحكومات التي لا ترغب في الاستثمار في الطاقة المتجددة حتى تصير مجدية أكثر من الناحية التجارية.

التناقض المؤسف الذي يمكن أن ينتج إذا كان هذا الاختيار هو الحال هو أن الطاقة المتجددة ستفتقر إلى الاستثمار على نطاق واسع اللازم لجعلها تقنية قابلة للتطبيق دون تأخير، يتعين على الحكومات أن تلتزم بشكل كبير بتعزيز تطوير بدائل المركبات وإنتاج الطاقة المتجددة من خلال الحوافز الضريبية، والإنفاق على البحث والتطوير، وبناء البنية التحتية، وقدرات توليد الكهرباء الإضافية، ومعايير أكثر صرامة لاقتصاد الوقود.

يمثل ذروة النفط الكثير من المخاطر الاقتصادية والأمنية والبيئية للحكومات للسماح بزيادة الطلب على محركات الاحتراق الداخلي الأكبر والأثقل والأقل كفاءة في استهلاك الوقود يمكن أن تصل تكاليف ثورة في النقل العالمي على مدى الأربعين عاماً القادمة من 17 تريليون دولار إلى 33 تريليون دولار، مع أن هناك حاجة لاستثمار كبير على أي حال لاستبدال البنية التحتية العالمية الحالية للنقل وأساطيل المركبات، ويمكن تقاسم هذه التكاليف من قبل الحكومات والصناعة.



لكن للأسف، فإن قدرة الطاقة البديلة على استبدال النفط تستند إلى الأساطير والخيال الطوباوي أكثر من الواقع والعلم الصعب. يمثل النفط 40 % من إمدادات الطاقة الحالية في الولايات المتحدة.

لا يمكن لأي من بدائل النفط توفير هذا القدر من الطاقة في أي مكان، ناهيك عن الكمية التي سنحتاجها في المستقبل مع استمرار نمو سكاننا وتصنيعهم. عند فحص بدائل النفط، من الأهمية بمكان أن نطرح أسئلة معينة:

1. هل البديل سهل النقل مثل النفط؟

2. هل الطاقة البديلة كثيفة مثل النفط؟

3. هل البديل قابل للتكيف مع النقل والتدفئة وإنتاج الأسمدة والبلاستيك ومبيدات الآفات؟

4. هل البديل له نسبة ربح الطاقة Energy Profit Ratio (EPR) مماثلة للنفط؟
اعتاد النفط أن يكون معدل EPR من 100 إلى 1. وكان الأمر يتطلب برميلاً واحداً فقط من النفط لاستخراج 100 برميل من النفط. كانت هذه نسبة رائعة أن النفط كان عملياً طاقة حرة. في الواقع، في وقت ما في ولاية تكساس، كانت تكلفة الماء أكثر من النفط!

انخفض معدل EPR للنفط حالياً من 10 إلى 1، ولا يزال جيداً. إذا كان مصدر الطاقة البديلة المقترح لا يحوي على EPR مماثل للنفط، فإن كمية الخير التي يقدمها لنا محدودة جداً. ضع هذه الأسئلة في الاعتبار بينما ندرس أوجه القصور في بدائل النفط في الأسئلة فيما يأتي.

• الفحـــم الحجـــري

الفحـم مثـل النفـط هـو وقـود أحفـوري. يمثـل 25 % مـن إمـدادات الطاقـة الحاليـة في الولايات المتحدة. مع أن لدينا 200 عام على الأقل من الفحم المتبقي في الأرض، إلا أنـه غيـر مناسـب كبديـل للنفـط للأسـباب الآتيـة:

1. 50 % إلـى 200 % أثقل مـن النفـط لـكل وحـدة طاقـة. هـذا يجعـل النقـل أكثـر صعوبـة مـن النفـط.

2. تعمـل عمليات تعدين الفحـم علـى الوقـود النفطـي كمـا تفعـل آلات تعديـن الفحـم والنقـل. كلمـا أصبـح النفـط أكثـر تكلفـة، كذلـك الفحـم.

3. التلـوث هـو أيضـا مشـكلة كبيـرة. يمكـن لمحطـة واحـدة تعمـل بالفحـم أن تنتـج مليـون طـن مـن النفايـات الصلبـة كل عـام. يـؤدي حـرق الفحـم في المنـازل إلـى تلويـث الهـواء بضبـاب دخانـي لاذع يحـوي علـى غـازات وجزيئـات حمضيـة.

4. في الوقـت الحالـي، يحـوي الفحـم علـى معـدل فائـدة اقتصـادي كبيـر مـن 8 إلـى 1. هـذه النسـبة كانـت 100 إلـى 1. بحلـول عـام 2030–2040، سـتكون هـذه النسـبة مـن 1 إلـى 2. سـوف يتطلـب الأمـر وحدتيـن مـن الفحـم لاسـتخراج وحـدة واحـدة مـن الفحـم. عندمـا يتطلـب أي مـورد طاقـة لاسـتخراجه أكثـر ممـا يحـوي عليـه، فإنـه يتوقـف عـن أن يكـون مـورداً. وهكـذا، في حيـن أن الأرض قـد تُمنـح إمـداداً سـخياً مـن الفحـم، إلا أنـه بحلـول عـام 2030 لـن يكـون ذا فائـدة لنـا.



• الغـــاز الطبيعـــي

الغـاز الطبيعـي مثـل النفـط والفحـم، هـو وقـود أحفـوري. يمثـل 25 % مـن إمـدادات الطاقـة الحاليـة في الولايـات المتحـدة. كبديـل للنفـط، فهـو غيـر مناسـب للأسـباب الآتيـة:

1. بلـغ إنتـاج الولايـات المتحـدة مـن الغـاز الطبيعـي ذروتـه نحـو عـام 1970. وفي عـام 2000، بلـغ الإنتـاج المحلـي للولايـات المتحـدة ثلـث مسـتوى ذروتـه. بينمـا يمكـن اسـتيراد الغـاز الطبيعـي في شـكله السـائل، فـإن عمليـة تسـييله ونقلـه مكلفـة جداً وخطيـرة جداً. الطلـب علـى الغـاز الطبيعـي في أمريكـا الشـمالية يفـوق بالفعـل العـرض، خاصـة وأن مرافـق الطاقـة تأخـذ الغـاز المتبقـي لتوليـد الكهربـاء.
2. الغـاز غيـر مناسـب للطائـرات النفاثـة والسـفن والمركبـات والمعـدات المسـتخدمة في الزراعـة وغيرهـا مـن المنتجـات.
3. يستهلك التحويل كميات كبيرة من الطاقة بالإضافة إلى المال.
4. لا يوفـر الغـاز الطبيعـي أيضـاً مجموعـة كبيـرة مـن المنتجـات الثانويـة الكيميائيـة التـي نعتمـد علـى النفـط مـن أجلهـا.



• هيـــدرات الميثـــان

هيدرات الميثان هي رواسب من بلورات تشبه الجليد تحبس الغاز الطبيعي في ظروف الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة مثل تلك الموجودة في رواسب قاع البحر أو في التربة الصقيعية.

تحوي هيدرات الميثان على كميات هائلة من الغازات الطبيعية وغالباً ما يتم اعتبارها مصدراً للطاقة في المستقبل. للأسف، يبدو أن الآمال في استغلال هيدرات الميثان الشبيهة بالجليد القادمة من المحيط محكوم عليها بالفشل لعدة أسباب:

1. يصعب تركيمها بكميات تجارية.
2. انخفضت تقديرات هيدرات الميثان بشكل مطرد في الثلاثين عاماً الماضية بسبب المعرفة المتزايدة بالطريقة التي يتم بها تدميرها في رواسب المحيطات.
3. الاستخراج خطير جداً وأغلى بستة أضعاف من استغلال النفط ومصادر الغاز الأخرى.

• الطاقـــة الحراريـــة الجوفيـــة

أقل من 1 % من إنتاج الكهرباء في العالم يأتي من مصادر الطاقة الحرارية الأرضية. كبديل للنفط، فهو غير مناسب للأسباب الآتية:

1. تعتمد الطاقة الحرارية الأرضية على الجغرافيا. يجب أن تكون المحطات بالقرب من الينابيع الحارة أو البراكين أو السخانات.
2. لا يمكن تكييفها مع السيارات والقوارب والطائرات والدبابات وأشكال النقل الأخرى.
3. لا يمكن استخدامها لإنتاج الأسمدة أو البلاستيك.



• طاقـــة الهيدروجـــين

يمثـل الهيدروجـين 0.01 % مـن إمـدادات الطاقـة في الولايـات المتحـدة. كبديـل للنفـط، فهـو غيـر مناسـب للأسـباب الآتيـة:

1. يجب أن يصنـع الهيدروجين مـن الفحـم أو النفـط أو الغـاز الطبيعـي أو الخشـب أو الكتلـة الحيويـة أو حتـى المـاء، ولكـن في كل حالـة، يتطلـب إنتـاج الهيدروجين طاقـة أكبـر ممـا يوفـره الهيدروجـين بالفعـل. لذلـك فهـو «ناقـل» للطاقـة، وليـس مصـدراً للطاقـة.

2. يحتـل الهيدروجـين السـائل مـا بـين أربعـة إلـى أحـد عشـر مـرة أكبـر كميـة مـن البنزيـن أو الديـزل المكافـئ.

3. المركبات والطائرات الحالية وأنظمة التوزيع الحالية ليست مناسبة لها.

4. لا يمكن استخدام الهيدروجين لتصنيع البلاستيك أو الأسمدة.

5. تكلفة خلايا الوقود فلكية ولم تظهر أي اتجاه هبوطي.

يعتبـر الهيدروجـين بديـلاً ضعيفـاً للنفـط لدرجـة أن «خلايـا وقـود الهيدروجـين» يجـب أن تسـمى «خلايـا الهيدروجـين الكاذبـة». أوضـح الدكتـور يـورغ وينـغ، ممثـل شـركة السـيارات العملاقـة دايملـر / كرايسـلر، ذلـك في مؤتمـر قمـة باريـس للنفـط عندمـا أوضـح أن شـركته لا تنظـر إلـى الهيدروجـين كبديـل عملـي للمحـركات القائمـة علـى البتـرول.

وذكـر أن المركبـات التـي تعمـل بخلايـا الوقـود لـن تصـل أبـدًا إلـى حصـة كبيـرة في السـوق. تم اسـتبعاد الهيدروجـين كحـل بسـبب تكاليـف الإنتـاج المكثفـة، وعـدم كفـاءة الطاقـة الكامنـة، ونقـص البنيـة التحتيـة، والصعوبـات العمليـة مثـل التكلفـة الباهظـة وصعوبـة التخزيـن.



• الطاقـــة النوويـــة

إذا كنـا يائسـين، فلـن يكـون لدينـا أي خيـار سـوى اسـتخدامها. حيـث تمثـل الطاقـة النوويـة 8 % مـن إنتـاج الطاقـة في الولايـات المتحـدة. وهـي كبديـل للنفـط غيـر مناسـبة للأسـباب الآتيـة:

1. الطاقـة النوويـة مكلفـة جداً. مفاعـل واحـد يكلـف مـا بـين 3 و5 بليـون دولار، دون احتسـاب التكاليـف المرتبطـة بإيقـاف التشـغيل، وزيـادة تكاليـف الوقـود النـووي الأكثـر نـدرة؛ وزيـادة تكاليـف حمايـة المنشـآت والمـواد النوويـة مـن التخريـب والإرهـاب والتحويل؛ وزيـادة احتماليـة وقـوع حـوادث كبـرى ببلايـين الـدولارات وآثارهـا الاقتصادية المعطلة.
2. عـدد المفاعـلات المطلوبـة في بلـد مثـل الولايـات المتحـدة: 800-1000. الرقـم الحالـي: 100 فقـط.
3. إن تعديـل المركبـات الحاليـة لتعمـل بالكهربـاء المولـدة بالطاقـة النوويـة مـن شـأنه أن يزيـد النفقـات المتعلقـة بالحـل النـووي.
4. لا يمكن استخدام الطاقة النووية لإنتاج البلاستيك أو مبيدات الآفات أو الأسمدة.
5. يحتـاج اليورانيـوم إلـى طاقـة مـن النفـط حتـى يتـم اسـتخراجه. مـع ارتفـاع أسـعار النفـط، تـزداد تكلفـة الطاقـة النوويـة.
6. جميع المفاعلات المهجورة مشعة لآلاف السنين.
7. يتطلـب إنشـاء محطـة للطاقـة النوويـة كميـات هائلـة مـن النفـط. عندمـا تأخـذ في الحسـبان كميـة الطاقـة المسـتخدمة في بنـاء محطـة نوويـة، لـم ينتـج أي مصنـع



طاقة أكثر بكثير مما استغرقته في بنائه. لم تكن الطاقة النووية موجودة إلا لأن النفط المستخدم في بناء محطات الطاقة النووية كان رخيصاً جداً.

8. حتى لو أغفلنا هذه المشكلات، فإن الطاقة النووية ليست سوى حل قصير المدى. يحوي اليورانيوم أيضاً على ذروة هوبرت، ويمكن للاحتياطيات الحالية المعروفة أن توفر احتياجات الأرض من الطاقة لمدة 25 عامًا فقط في أحسن الأحوال.

• الطاقة الشمسية

تزود الطاقة الشمسية حالياً 0.007 % من إمدادات الطاقة الأمريكية. كبديل للنفط، فهو غير مناسب للأسباب الآتية:

1. الطاقة من الطاقة الشمسية تختلف باستمرار باختلاف الطقس أو النهار / الليل.
2. غير عملية لاحتياجات النقل. في حين جرى بناء عدد قليل من المركبات الصغيرة والتجريبية التي تعمل بالطاقة الشمسية، فإن الطاقة الشمسية غير مناسبة للطائرات والقوارب والسيارات والدبابات وما إلى ذلك.
3. لا يمكن تكييف الطاقة الشمسية لإنتاج مبيدات الآفات أو الأسمدة أو البلاستيك.
4. الطاقة الشمسية عرضة لتأثيرات تغير المناخ العالمي، والتي من المتوقع أن تزداد حدة بشكل كبير في العقود القادمة.
5. تشير التقديرات إلى أن نحو 20 % من مساحة الأراضي الأمريكية ستكون مطلوبة لدعم نظام الطاقة الشمسية الذي من شأنه أن يوفر أقل من نصف



استهلاكنا الحالي للطاقة. لتطوير مثل هذا النظام يتطلب مستوى هائلاً من الاستثمار والبنية التحتية الجديدة. من المتوقع أن يؤدي هذا الطلب من الأرض إلى تقليص الأراضي الصالحة للزراعة والمراعي والغابات إلى حد ما، مع كون الخسارة الأكثر خطورة هي الأراضي الصالحة للزراعة. كما أوضحنا سابقاً، بحلول عام 2050، سيكون لدى الولايات المتحدة ما يكفي من الأراضي الصالحة للزراعة فقط لإطعام نصف سكانها.

مع وجود هذه القيود، يمكن أن توفر مجموعة ألواح المياه الشمسية النموذجية 50 % إلى 85 % من الماء الساخن للمنزل. تشير التطورات الأخيرة في تكنولوجيا الألواح الشمسية إلى أن EPR للطاقة الشمسية يمكن أن تصل إلى 10، إذا أجريت استثمارات مناسبة. سيكون استخدام بعض من نفطنا الخام الثمين المتبقي كوقود لتصنيع معدات الطاقة الشمسية أمراً حكيماً جداً.

• الطاقة الكهرومائية

توفر الطاقة الكهرومائية من خلال بناء السدود 2.3 % من إمدادات الطاقة العالمية. إنها شكل جرى اختباره على مدار الزمن وموثوق به ونظيف لتوليد الكهرباء. كبديل للنفط، فهو غير مناسب للأسباب الآتية:

1. غير مناسب للطائرات والمركبات الحالية البالغ عددها 800 مليون.

2. لا يمكن تكييفه لإنتاج مبيدات الآفات أو الأسمدة أو البلاستيك.

3. جرى بالفعل تشييد معظم مواقع السدود الواضحة في أجزاء كثيرة من العالم. بعبارة أخرى، لا يمكننا استغلالها أكثر مما نحن عليه بالفعل.



• طاقـــة الريــــــاح

تمثل طاقة الرياح 0.007 % من إمدادات الطاقة في الولايات المتحدة. كبديل للنفط، فهو غير مناسب للأسباب الآتية:

1. كما هو الحال مع الطاقة الشمسية، تختلف الطاقة الناتجة عن الرياح اختلافاً كبيراً باختلاف الطقس، وهي ليست محمولة أو قابلة للتخزين مثل النفط والغاز.

2. لا يمكن تكييف الرياح لإنتاج المبيدات الحشرية أو الأسمدة أو البلاستيك.

3. مثل الطاقة الشمسية، فإن الرياح معرضة لتأثيرات تغير المناخ العالمي.

4. غير مناسب لاحتياجات النقل.

مع وجود هذه القيود، فإن طاقة الرياح هي أكثر بدائل النفط الواعدة. وفقاً لدراسة أجريت عام 1993 بوساطة المختبر الوطني للطاقة المتجددة، يمكن أن تولد الرياح نحو 15 % من الطاقة الأمريكية، إذا أجريت استثمارات مناسبة.

وفقاً لدراسة دنماركية حديثة، يمكن أن يصل معدل EPR الخاص بالرياح إلى 50، وهو أعلى معدل من أي من البدائل المتاحة. تشير حقيقة أن الرياح هي أكثر البدائل الواعدة لدينا إلى أن استبدال النفط أمر مستحيل في الأساس.

على سبيل المثال، من أجل استخدام الرياح كوقود هيدروجين، يجب اتخاذ الخطوات الآتية:

1. بناء مزرعة الرياح. تتطلب هذه الخطوة استثماراً هائلاً في النفط والمواد الخام، والتي ستصير باهظة التكلفة بشكل متزايد مع انخفاض إنتاج النفط.

2. انتظر عدد X من السنوات بينما يتم سداد استثمار الطاقة الأصلي.



3. إنشاء بنية تحتية يمكن من خلالها تحويل طاقة الرياح إلى هيدروجين. وهذا يتطلب استثماراً هائلاً في النفط والمواد الخام، والتي ستصير باهظة التكلفة بشكل متزايد مع انخفاض إنتاج النفط.

4. قم بتعديل بنيتك التحتية الحالية لتعمل على هذا المصدر. وهذا يتطلب استثمارات هائلة في النفط والمواد الخام، وكلاهما سيصير مكلفاً بشكل متزايد مع انخفاض إنتاج النفط.

5. تواجه مقاومة سياسية وصناعية هائلة في كل خطوة.

6. ندعو الله من أجل أن نكرر هذه العملية مرات كافية قبل أن تشل الفوضى والحرب قدرتنا على القيام بذلك.

• طاقة الوقود النباتي

يمكننا أن نزرع وقودنا إلى حدٍ ما، ولكن الكتلة الحيوية والإيثانول والديزل الحيوي لن تكون قادرة على استبدال الوقود الأحفوري للأسباب الآتية:

1. اعتماداً على من تستشيره، يتراوح معدل EPR للإيثانول من 7 (مما يجعله خاسرًا للطاقة) إلى 1.7 الميثانول، المصنوع من الخشب، الذي يعمل بسرعة 2.6، أفضل من الإيثانول، لكنه لا يزال أقل بكثير من النفط.

2. كما أوضحنا سابقاً، بحلول عام 2050، سيكون لدى الولايات المتحدة ما يكفي من الأراضي الصالحة للزراعة فقط لإطعام نصف سكانها، وليس حساب آثار نضوب النفط. في السنوات القادمة، لن تكون هناك أرض كافية للطعام، ناهيك عن الوقود.



3. بينما قام عدد قليل من الأشخاص بتكييف سياراتهم للعمل على وقود الديزل الحيوي، إلا أن هذا ليس خياراً واقعياً على نطاق واسع. ببساطة، لا يتوفر وقود حيوي كافٍ في العالم لاستبدال حتى جزء بسيط من الطاقة التي نحصل عليها من النفط.

4. البنية التحتية الحالية، ولا سيما التصنيع والنقل على نطاق واسع قابلة للتكيف مع الوقود النباتي من الناحية النظرية فقط. في الواقع، سيكون تعديل أنظمة النقل والصناعية لدينا للعمل على وقود النباتات مكلفًا جداً وغير عملي بشكل هزلي.

أخيراً، عند تقييم الادعاءات المتعلقة بالوقود النباتي، كن على دراية بمن يقدم البيانات. كما يشير الدكتور والتر يونكويست: "لا يعيش إنتاج الإيثانول إلا بفضل دعم الحكومة الأمريكية من أموال دافعي الضرائب. إن الاستمرار في إنتاج الإيثانول هو مجرد أداة لشراء تصويت المزارع في الغرب الأوسط الأمريكي. «ليس من المستغرب» حقيقة أن الشركة التي تصنع 60 % من الإيثانول الأمريكي هي أيضاً واحدة من أكبر المساهمين بأموال الحملة الانتخابية للكونغرس - وهو مثال محزن على السياسة التي تغلب على المنطق».

• إزالـــة البلمـــرة الحراريـــة

يمكن أن تساعدنا إزالة البلمرة الحرارية (TD) Thermal Depolymerization التي يمكن أن تحول العديد من أنواع النفايات إلى نفط، على رفع كفاءة الطاقة لدينا لأننا نفقد الطاقة بسبب نفاد النفط. الأسباب:



1. مثل جميع أشكال الطاقة البديلة الأخرى، فقد نفد لدينا الوقت لتنفيذها قبل الانهيار. في الوقت الحالي، هناك مصنع واحد فقط يعمل بنظام إزالة البلمرة الحرارية. ستحتاج الآلاف من هذه المصانع إلى العمل فوراً قبل أن تحدث هذه التقنية فرقاً بسيطاً في وضعنا.

2. إزالة البلمرة الحرارية هي في الحقيقة ليست أكثر من إعادة تدوير عالية التقنية. تتطلب معظم مدخلات النفايات (مثل البلاستيك والإطارات) نفطاً عالي الجودة لصنعها في المقام الأول.

3. من غير الواضح ما هو EPR للنفط المشتق من إزالة البلمرة الحرارية. ما مقدار الطاقة التي تتطلبها عملية إزالة البلمرة الحرارية لإنتاج برميل من النفط؟ إذا كان EPR للنفط المشتق من إزالة البلمرة الحرارية لا يقترب من EPR للنفط التقليدي، فلن يخفف من مشكلاتنا.

أكبر مشكلة مع إزالة البلمرة الحرارية هي أنه يعلن عنها كوسيلة للحفاظ على العمل كالمعتاد. تروج مثل هذه الإعلانات لمزيد من الاستهلاك، وتوفر لنا إحساساً زائفاً بشكل خطير بالأمان، وتشجعنا على مواصلة التفكير في أننا لسنا بحاجة إلى جعل هذه المشكلة أولوية.

قد تجد أنه من المثير للاهتمام أنه إذا سقط رجل يبلغ وزنه 175 رطلاً في أحد طرفي آلة إزالة البلمرة الحرارية، فإنه يخرج من الطرف الآخر مثل 7 أرطال من الغاز، و7 أرطال من المعادن، و123 رطلاً من الماء المعقم، و38 رطلاً من النفط. مع تزايد ندرة المياه والغاز والنفط، يمكن أن يصير تغذية الجثث في آلة إزالة البلمرة الحرارية أمراً ضرورياً.



• الطاقـــة الحـــرة

ألم يخترع نيكولا تيسلا آلة تنتج طاقة مجانية؟ ألا يمكننا التبديل إلى شيء من هذا القبيل؟ في حين أن تقنيات الطاقة المجانية مثل الاندماج البارد Cold Fusion وطاقة الخواء Vacuum Energy وطاقة النقطة صفر Zero Point Energy رائعة جداً، إلا أن الحقيقة المؤسفة هي أنه من غير المرجح أن تساعدنا في التعامل مع نفاد النفط لعدة أسباب:

نحصل حالياً على 0 % تماماً من طاقتنا من هذه المصادر.

1. ليس لدينا حالياً نماذج عملية. إذا جرى إطلاق نموذج أولي عملي لجهاز طاقة مجانية على الجمهور غداً، فإن اقتصادنا القائم على النفط والغاز سينغمس في الفوضى. من غير المحتمل أن يُسمح لمثل هذا السيناريو بالتأثير على نفسه.

2. لقد أجرينا بالفعل تجربتنا مع «الطاقة الحرة». مع EPR من 100 إلى 1، كان النفط مصدراً للطاقة فعالاً ورخيصاً لدرجة أنه كان عملياً مجانياً.

3. إن تطوير جهاز «الطاقة الحرة» سيؤجل الأمر الذي لا مفر منه. الأرض لديها قدرة تحمل. إذا تمكنا من الاستبدال بجزء كبير من استخدامنا للوقود الأحفوري «طاقةً حرةً»، فإن الانهيار سيأتي في وقت لاحق، عندما نكون قد استنفدنا مورداً مختلفاً. في هذه المرحلة، سيكون عدد سكاننا أعلى. كلما زاد عدد السكان، زاد انخفاضه عندما يستنفد مورداً رئيسياً. وكلما زاد انخفاضه، ازداد الزخم الذي اكتسبه في طريقه إلى أسفل خلال الحرب والمرض. من خلال تشجيع النمو السكاني المستمر، يمكن لما يسمى بـ «الطاقة المجانية» في الواقع أن يجعل وضعنا أسوأ.



4. حتى لو ظهر نموذج أولي فعال للطاقة الحرة إلى حيز الوجود اليوم، فسيستغرق الأمر ما لا يقل عن 25-50 عاماً لتعديل البنية التحتية التي تبلغ تكلفتها عدة تريليونات من الدولارات لمثل هذه التكنولوجيا.

• هل هذه البدائل عديمة الفائدة إذن؟

لا إطلاقًا. مهما كانت الحضارة التي ستظهر بعد الانهيار فمن المرجح أن تستمد قدراً كبيراً من طاقتها من هذه التقنيات. كل هذه البدائل تستحق استثمارات ضخمة في الوقت الحالي.

المشكلة هي أنه لا يمكن لأي منهم استبدال النفط، مهما كنا نتمنى أن يتمكنوا من ذلك. كل التفاؤل والإبداع والرغبة في العالم لا يغير الفيزياء والرياضيات الصعبة للطاقة. حتى في أفضل السيناريوهات، سيتعين علينا قبول انخفاض حاد في مستوى المعيشة.

لا يمكن لأي من البدائل أن يزودنا بالطاقة الكافية للحفاظ حتى على جزء متواضع من مستويات استهلاكنا الحالية. للبقاء على قيد الحياة، سيتعين علينا تغيير الطريقة التي نحصل بها على طعامنا بشكل جذري، والطريقة التي نذهب بها إلى العمل، وما نقوم به من أجل العمل، والمنازل التي نعيش فيها، وكيف نخطط لعائلاتنا وما نفعله من أجل الترفيه.

ببساطة، سيتطلب الانتقال إلى هذه البدائل إصلاحاً شاملاً لكل جانب من جوانب المجتمع الصناعي الحديث. للأسف، لا تقوم المجتمعات الصناعية بإجراء تغييرات جذرية طواعية.



نهايــــة عصـــر النفـــط

تشـهد المملكـة العربيـة السـعودية مشـهداً جديداً للطاقـة يتغيـر بشـكل كبيـر. وافقت الولايات المتحدة والصين على أهداف ثنائية لخفض الكربون. يعد عام 2014 رسـمياً حاليـاً أكثـر الأعـوام سـخونة في تاريـخ البشـرية، وهـو رقـم قياسـي يـكاد يكـون مسـتحيلاً بـدون وجـود ظاهـرة النينـو (ظاهـرة مناخيـة عالميـة، حيـث يؤثـر تغيـر الحـرارة في أحـد المحيطـات علـى الجـو بمنطقـة أخـرى بعيـدة). وفي 7 ينايـر 2014، كشـف تقريـر نُشـر في مجلـة Nature عـن معادلـة تغيـر المنـاخ للوقـود الأحفـوري مـن خـلال اسـتنتاج أنـه لتحقيـق أي شـيء أفضـل مـن جرعـة 50/50 للحفـاظ علـى الاحتبـاس الحـراري أقـل مـن درجتـين مئويتـين (الحـد الأقصـى المقبـول علـى نطـاق واسـع لتجنـب تغيـر المنـاخ الكارثـي) يجـب أن يبقـى 82 % مـن الاحتياطيـات الأحفوريـة في الأرض.

يضـع هـذا التقريـر أرقامـاً ثابتـة علـى النسـب المئويـة للوقـود الأحفـوري الـذي يجـب أن «يبقـى في الأرض» ويدعـو إلـى عـدم ضـخ 38 % مـن احتياطيـات النفـط المؤكدة في الشـرق الأوسـط من الأرض. وتمثـل نسـبة 38 % نحـو 260 بليـون برميـل مـن النفـط - بمـا يعـادل عشـرات التريليونـات مـن الـدولارات - معظمهـا غيـر موجـود في الاحتياطيـات السـعودية.

لقـد فتحـت المملكـة بشـكل فعـال الصمـام الموجـود علـى فقاعـة أصـول الكربـون وقفـزت لتكـون أول مـن يبـدأ السـباق حتـى نهايـة عصـر الهيدروكربونـات مـن خـلال ميزتهـا العظيمـة: تكلفـة إنتـاج منخفضـة جـداً بحيـث يمكنهـا بيـع خامهـا بشـكل أسـرع وتأمـل ألا تجـد نفسـها في نهايـة عصـر النفـط تمتلـك احتياطيـات هائلـة لا قيمـة لهـا وغيـر قابلـة للحـرق.



• تداعيـــات جانبيـــة

لقد قيل الكثير من العواقب الاقتصادية الكارثية لروسيا وإيران وفنزويلا والدول الأخرى المصدرة للنفط بسبب انخفاض أسعار النفط، فضلاً عن الأضرار العميقة التي لحقت باقتصاداتها والاضطرابات السياسية الوشيكة. في هذه الأثناء في الولايات المتحدة، كان هناك تحليل لا نهاية له للتأثير (أو عدم التأثير) على إنتاج النفط المتصاعد في البلاد والتكهنات حول السعر الذي سيبدأ عنده الإنتاج الأمريكي في الانخفاض.

الأقل توثيقاً هو التأثير على الوصول إلى رأس المال لعمليات الحفر (وبالنظر إلى الاقتصاد الكارثي لفحم أمريكا الشمالية، وربما استخراج الوقود الأحفوري على نطاق واسع). يتطلب التنقيب عن النفط كميات ضخمة من رأس المال مع شهية كبيرة للمخاطر، حيث يمكن أن يؤدي عدم اليقين في الإنتاج وتقلب السوق إلى تقويض قيمة الاستثمارات. في طفرة الإنتاج الحالية، كانت تقلبات السوق أقل من قيمتها بشكل كبير.

ستستمر أوبك في الاجتماع وتبرز نفسها ككارتل يمكنه السيطرة على أسواق النفط، لكن هذا الزمن قد ولى. كان الكارتل يعتمد على المملكة العربية السعودية في استخدام موقعه المتأرجح الضخم للتحكم في القدرة الفائضة في السوق. مع عدم اهتمام السعوديين بهذا الدور، تلاشى تأثير الكارتل.

لقد كان التأثير المباشر لأسواق النفط والتداعيات الجيوسياسية العناوين الرئيسية لعام 2015، ولكن هناك قصة أكبر بكثير لتتكشف، إنها فقاعة أصول الكربون التي تنكمش. تتأثر قيمة كل فئة أصول بشكل فعال على الأرض بافتراض أن الاقتصاد المعتمد على الوقود الأحفوري سيستمر لفترة طويلة



بحيث يمكن تجاهل أي تغيير محتمل في قيم الأصول في المستقبل. لكن هذا الافتراض خاطئ.

يعمل الاقتصاد الصناعي العالمي على افتراض توافر الطاقة الرخيصة نسبياً، سواء في شكل كهرباء أو وقود سائل. إذا تغير شكل مصادر الطاقة هذه أو توفرها أو تكلفتها، فسيؤدي ذلك إلى تغيير جوهري في تكلفة استخدام وإنتاج كل الأصول الأخرى على وجه الأرض تقريباً. وسيؤدي ذلك بالضرورة إلى تغيير قيمة كل واحد من تلك الأصول. ستكون هناك تأثيرات إيجابية وسلبية على حد سواء، وسيوفر فهم هذا التغيير، من حيث النطاق والسرعة، نظرة ثاقبة على أحد أكبر تحولات الثروة التي حدثت على الإطلاق.

• هل سينفد النفط؟

في القرن العشرين، كانت هناك ثلاث دورات رئيسية على الأقل من كارثة النفط: بدأت الأولى خلال الحرب العالمية الأولى وانتهت بفائض نفطي هائل في عام 1930. اندلعت الثانية في الولايات المتحدة خلال الحرب العالمية الثانية، ونفيت بعد ذلك بسنوات قليلة بسبب زيادة الإنتاج النفطي المتزايد في العالم حتى نهاية الستينات؛ جاءت الدورة النهائية مع بداية السبعينات، وبلغت ذروتها في الصدمتين النفطيتين، وعادت بشكل كبير بفعل الصدمة النفطية المعاكسة عام 1986.

ومع ذلك، فشلت التجارب السابقة في التحذير من مثل هذه المخاوف، ولم تؤد فيضانات النفط السابقة بعد مراحل الندرة الواضحة إلى غرس الحكمة في



حكم المحللين، بينما فشل انهيار الأسعار بعد الارتفاع الصاروخي في أسعار النفط في تعليم القاعدة الأساسية التي تحكم هذا السوق الغريب: عدم موثوقيتها.

لذلك لا ينبغي أن يكون مفاجئاً أنه في فجر الألفية الجديدة، اكتسبت موجة جديدة من المتشائمين في نهاية المطاف، الذين يتوقعون حقبة وشيكة من ندرة البترول، زخماً، مع تزايد عدد الكتب والمقالات الصحفية التي تعكس رؤيتهم الرهيبة.

مثل المد المتصاعد، أدى تضخيم وسائل الإعلام لأي صوت يتنبأ بإفلاس الأرض النفطي الحتمي إلى إزالة أي معارضة منطقية لهذه الفكرة غير المثبتة، مما يجعل النقاش العام حول النفط يبدو هادئاً فقط في أقصى الحدود، ويهيمن عليه نثر غني بالصيغ التفضيلية، الأشباح ونظريات المؤامرة.

ومع ذلك، سيكون من الخطأ التقليل من شأن المخاوف من عالم يفتقر إلى الخام، بالنظر إلى الحدة التي لمسناها في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين والمخاوف الخطيرة التي تنتشر في العالم.

علاوة على ذلك، فإن الهبات الفعالة لموارد نفط كوكبنا هي قضية مركزية في أي تحليل يتعلق بمستقبل الطاقة وتداعياتها السياسية والاقتصادية التي يعد التعامل معها ضرورة. في محاولة لتبديد معضلات النفط الكبرى التي تلوح في الأفق في السنوات القادمة، سنبدأ بهذا الموضوع.

بالنسبة لجميع أولئك الذين ليسوا على دراية بأمور النفط، فإن التحذير الأولي ضروري. صارت رؤى يوم القيامة البترولية اليوم أكثر غموضاً وإقناعاً



للمراقب العرضي من خلال الاستخدام المكثف للنماذج الإحصائية والاحتمالية الرسمية التي يبدو أنها تخترق الألغاز التي لم تحل في باطن الأرض.

لكن في الحقيقة لم يفعلوا ذلك. حتى في أيامنا هذه، لا أحد يعرف عدد الكنوز التي تحتفظ بها باطن الأرض في أعماقها، ولم تبتكر طريقة مقبولة إما لتقييمها أو لحساب مدى إمكانية استرداد النفط في المستقبل من الخزانات المعروفة بالفعل.

بعبارات بسيطة، فإن البحث عن الرقم النهائي حول ثروة الأرض من النفط يشبه البحث عن الكأس المقدسة، اندفاع لا ينتهي مع ادعاء العديد من الأشخاص أنهم اكتشفوا ما يبقى في الواقع لغزا.

بعد هذا التوضيح، يمكننا أن نبدأ مسيرتنا عبر معضلات النفط الحالية من خلال دراسة حجج المتشائمين النفطيون. مهما كانت تنبؤاتهم، فجميعهم لديهم قاسم مشترك أو، أفضل، شعار: ما يسمى بنموذج هوبرت.

كما رأينا، أعلن ماريون كينج هوبرت نموذجه الحدسي لأول مرة في عام 1956؛ من وجهة نظر مفاهيمية، كان الأمر بسيطًا نسبياً.

امتثالًا لقاعدة تجريبية تبعها مهندسو البترول الأوائل، لاحظ هوبرت منحنى الإنتاج بمرور الوقت في مقاطعة نفطية معروفة ناتجاً عن بدء التشغيل المتتالي للحقول المكتشفة في المنطقة: بدءًا من الصفر، ينمو الإنتاج بمرور الوقت حتى يصل إلى ذروته عندما يستخرج نصف الموارد الحالية القابلة للاسترداد، وهو ما يسمى نقطة منتصف النضوب.



في هذه المرحلة – وفقاً لهوبرت – يميل الإنتاج إلى الانخفاض بمعدل نموه نفسه. بعبارة أخرى، قد يمثل الارتفاع المتماثل وسلوك الانخفاض في إنتاج النفط بمنحنى الجرس: توضح المنطقة الواقعة أسفل المنحنى الإنتاج التراكمي لمقاطعة نفطية، أو «الموارد النهائية القابلة للاسترداد» (URR) التي تحتفظ بها.

ينتج شكل منحنى هوبرت عن مجموعة مواقع إنتاج النفط من الحقول الفردية على التوالي، بعد الاكتشافات من الحقول الرئيسية والتي تُنقل إلى الأقمار الصناعية.

نتيجة لذلك، يؤكد هوبرت أنه إذا جرى استكشاف حوض النفط بشكل كافٍ، فمن الممكن التنبؤ بشكل معقول بالوقت الذي سيحقق فيه ذروة الإنتاج ومتى سينفد النفط.







تداعيــــات نضـــوب النفـــط

تشير التقديرات إلى أن عدد سكان العالم سينكمش إلى ما بين 500 مليون و 2 بليون خلال انهيار النفط. (كان عدد سكان العالم 7.96 بليون شخص (2022)).

كيف يمكن أن يموت هذا العدد الكبير؟ من أين يأتي هذا التقدير؟

جاء هذا التقدير من علماء الأحياء الذين درسوا ما يحدث لكل الأنواع عندما تستنفد مورداً رئيسياً في بيئتها. سنقدم فيما يأتي مثالين بارزين من العالم غير البشري هما البكتيريا وحيوان الرنة. ومثالين بارزين من تاريخ البشرية هما مجاعة البطاطس الأيرلندية والانهيار السكاني في جزيرة الفصح. للدلالة على الآثار الكارثية على نضوب النفط.

• مثـــال البكتيـــــريا

ستنمو البكتيريا في طبق بتري بشكل كبير حتى تنفد الموارد، وعند هذه النقطة ستنهار أعدادها. قبل جيل واحد فقط من الانهيار، كانت البكتيريا قد استهلكت نصف الموارد المتاحة لها. بالنسبة للبكتيريا، لن يكون هناك ما يشير إلى وجود مشكلة حتى تموت جوعاً. قبل أن يحدث ذلك، ستبدأ البكتيريا في تفكيك بعضها بعضاً في محاولة أخيرة للبقاء على قيد الحياة.

لكن البشر أذكى من البكتيريا، أليس كذلك؟ كنت تعتقد ذلك، ولكن يبدو أن الحقائق تشير إلى خلاف ذلك. لقد حُفر أول بئر نفط تجاري في عام 1859. في



ذلك الوقت، كان عدد سكان العالم نحو بليون نسمة. بعد أقل من 150 عاماً، ارتفع عدد سكاننا حالياً إلى 7.96 بليون نسمة (2022).

في ذلك الوقت، استخدمنا نصف النفط القابل للاستخراج في العالم. من النصف المتبقي، سيكون استخراج معظمه مكلفاً جداً. إذا كان الخبراء على صواب، فنحن على بعد أقل من جيل واحد من الانهيار. لكن بالنسبة لمعظمنا، لا يبدو أن هناك أي إشارة إلى وجود مشكلة. بعد جيل واحد من زوالنا، نحن جاهلون مثل البكتيريا في طبق بتري.

• مثال حيوان الرنة في جزيرة سانت ماثيو

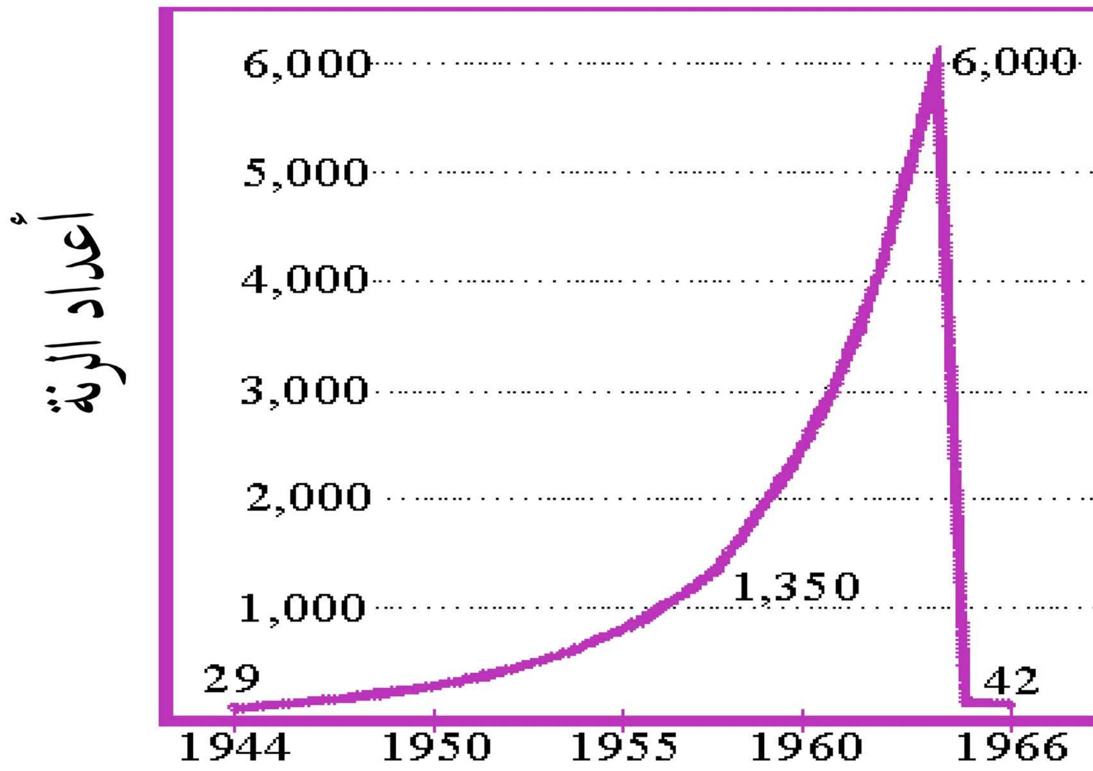
في عام 1944، نقل الباحثون 29 من حيوانات الرنة إلى جزيرة سانت ماثيو، وهي جزيرة غير مأهولة في بحر بيرينغ. لحسن الحظ بالنسبة للرنة، كان لدى الجزيرة إمدادات وفيرة من طعامها المفضل وهو الأشنة.

وبتوافر الطعام، ارتفع عدد حيوانات الرنة إلى 6000 في عام 1963. انتشرت حيوانات الرنة في كل مكان في الجزيرة. في عام 1966، كانت الأشياء الوحيدة التي يمكن رؤيتها في الجزيرة هي الهياكل العظمية للرنة. في تلك السنوات الثلاث، كانت الرنة قد أكلت كل الأشنة في الجزيرة. ونتيجة لذلك، انخفض عدد حيوانات الرنة بعد 3 سنوات إلى 41 أنثى وذكر واحد، وجميعهم في حالة بائسة. هذا هو 97.5 % تخفيض.

ألقِ نظرة على الشكل الآتي، الذي يوضح أعداد حيوانات الرنة في جزيرة سانت ماثيو من عام 1944 إلى عام 1966. إذا قارناه بمخطط عدد السكان



على الأرض من عام 1400 إلى عام 2000 سنلاحظ أن كلا المخططين يتبعان منحنٍ بشكل حرف (L). مع الوصول إلى إمدادات غذائية وفيرة (تعمل بالوقود الأحفوري)، نما عدد سكاننا تماماً كما نما عدد حيوانات الرنة عندما كان بإمكانه الوصول إلى مصدر غذاء وفير.



أعداد الرنة في جزيرة سانت ماثيو بين عامي 1944–1966.

اعتمدت الرنة في جزيرة سانت ماثيو بشكل حصري تقريباً على إمدادات الأشنة في الجزيرة للحفاظ على نفسها، بالطريقة نفسها التي نعتمد بها على الوقود الأحفوري لإعالة أنفسنا. عندما تنفد إمدادات الأرض من الوقود الأحفوري المتاح بسهولة، فمن المحتمل أن تكون النتيجة بالنسبة لنا هي نفسها



كما كانت بالنسبة لحيوان الرنة عندما نفد مخزون الجزيرة من الأشنات المتوفرة بسهولة.

قد تقول: «لكننا بشر بوعي أعلى. بالتأكيد يمكننا إيجاد طريقة لتجنب المصير الذي عانته مجموعة منً حيوانات الرنة. لدينا أجهزة حاسوب وجميع أنواع التكنولوجيا لمساعدتنا على التكيف». للأسف، كما سيوضح المثالان الآتيان، فإن وعينا المرتفع لم يساعدنا على تجنب مصير الرنة استجابة لنقص الموارد السابقة لدينا. بالإضافة إلى ذلك، بينما لدينا التكنولوجيا التي قد تساعدنا على التكيف، لدينا أيضاً أسلحة دمار شامل قد تساعدنا في تدمير أنفسنا.

• مثال مجاعة البطاطس الأيرلندية

بدءاً من منتصف القرن الثامن عشر الميلادي، شجع البريطانيون - وطور الأيرلنديون - الاعتماد شبه الكلي على دعامة غذائية واحدة وهي البطاطس. في أقل من 100 عام، نما عدد سكان الجزيرة من 2 مليون نسمة إلى أكثر من 8 ملايين. ثم فجأة في عام 1845، قام أحد الفطريات الطفيلية بتحويل البطاطس إلى كرات مخاطية لزجة وغير صالحة للأكل. كان الأيرلنديون يعتمدون على البطاطا لدرجة أن المجاعة شلت قدرتهم على تطوير محاصيل بديلة. في غضون جيل واحد، دُمّر البلد، ومات أو هاجر أكثر من نصف السكان، ورزح من بقي تحت فقر لم يتضاءل إلا بعد قرن من الزمان.

وبقدر ما كانت المجاعة مروعة، فقد عوضت شدتها حقيقة أن العديد من الأيرلنديين يمكن أن يهاجروا إلى أرض الوفرة: أمريكا. سمح هذا لمن



بقوا بالاستفادة القصوى من الموارد القليلة المتبقية. مثل الأيرلنديين في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، تضاعف عدد سكاننا أربع مرات تقريباً منذ إدخال مورد واحد. مثل الإيرلنديين، نحن نعتمد كلياً على هذا المورد. على عكس الإيرلنديين، ليس لدينا مكان آخر نذهب إليه عندما لا يكون هذا المورد متاحاً بسهولة.

• مثـــال جزيـــرة الفصـــح

على مدار التاريخ، عانى العديد من البشر من الموت. أكثر حالات الانقراض تشابهاً مع وضعنا الحالي هي تلك التي حدثت في جزيرة الفصح خلال أوائل القرن الثامن عشر. اكتشفت الغرب جزيرة الفصح في عام 1722 عندما هبط المستكشف الهولندي جاكوب روجيفين على الجزيرة. في ذلك الوقت، وصف روجيفين الجزيرة بأنها أرض قاحلة. عاش سكان الجزر الذين واجهتهم حياة بدائية بشكل خاص، حتى بمعايير القرن الثامن عشر.

لم يكن بالجزيرة حطب، وقليل من أنواع الحياة النباتية، ولا حيوانات أصلية أكبر من الحشرات. لم يكن لدى سكان الجزيرة عجلات، ولا حيوانات جر، وأدوات قليلة، و3-4 زوارق واهية ومسربة للماء.

على الرغم من الوجود القاحل، كانت جزيرة الفصح مأهولة بتماثيل حجرية ضخمة ومبنية بشكل متقن. كان روجيفين وطاقمه في حيرة شديدة من هذه التماثيل، حيث كان من الواضح أن كل من قام ببنائها لديه أدوات وموارد ومهارات تنظيمية أكثر تقدماً بكثير من سكان الجزر الذين واجهوها. ماذا حدث لهؤلاء الناس؟



وفقاً لعلماء الآثار، جرى استعمار جزيرة الفصح لأول مرة من قبل البولينيزيين في وقت ما نحو عام 500 بعد الميلاد. في ذلك الوقت، كانت الجزيرة عبارة عن جنة نقية مع غابات مورقة. في ظل هذه الظروف، نما عدد سكان الجزيرة إلى ما يصل إلى 20000. خلال هذا الازدهار السكاني، استخدم سكان الجزر الأخشاب من أشجار الغابات لتشغيل كل جانب تقريباً من جوانب مجتمع شديد التعقيد. استخدموا الخشب للوقود، والزوارق، والمنازل، وطبعا لنقل التماثيل الضخمة. مع مرور كل عام، كان على سكان الجزر قطع المزيد والمزيد من الأشجار حيث صارت التماثيل أكبر وأكبر.

مع اختفاء الأشجار، نفدت الأخشاب والحبال لسكان الجزيرة لنقل وإقامة تماثيلهم؛ جفت الينابيع والجداول، ولم يعد الخشب متاحاً للحرق. كما تقلصت الإمدادات الغذائية مع اختفاء الطيور البرية والقواقع البحرية الكبيرة والعديد من الطيور البحرية.

مع اختفاء أخشاب بناء الزوارق البحرية، انخفض صيد الأسماك واختفت خنازير البحر من مائدة العشاء. مع تناقص الإمدادات الغذائية بشكل كبير، لجأ سكان الجزر إلى أكل لحوم البشر لإعالة أنفسهم. صارت هذه الممارسة شائعة لدرجة أن سكان الجزيرة كانوا يهينون بعضهم بعضاً بقولهم «لحم والدتك يلتصق بين أسناني».

لم يمض وقت طويل، حلت الفوضى المحلية محل الحكومة المركزية، وتولت طبقة المحاربين زمام الأمور من الرؤساء بالوراثة. في عام 1700 تقريباً، بدأ عدد السكان في الانهيار بين ربع وعُشر العدد السابق.



اعتاد الناس العيش في الكهوف للحماية من أعدائهم وجرى هدم التماثيل في حرب العشائر. كانت جزيرة الفصح في يوم من الأيام موطناً لمجتمع شديد التعقيد، وقد تحولت إلى جزيرة مرجانية من البربرية.

كما أوضح البروفيسور جاريد دايموند في كلية الطب بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس: تبدو جزيرة الفصح وكأنها استعارة عن واقعنا الحالي. انعزل سكان الجزيرة في وسط المحيط ولم يلجأ أحد لطلب المساعدة، ولم يكن هناك مكان للفرار بمجرد انهيار الجزيرة. بالطريقة نفسها اليوم، يمكن للمرء أن ينظر إلى كوكب الأرض في منتصف المجرة، وإذا واجهنا أيضاً مشكلة، فلا سبيل لنا للفرار، ولا يوجد أشخاص يمكننا أن نلجأ إليهم للحصول على المساعدة هناك في المجرة.

في حين أن حالتنا يمكن تمييزها عن هذه الأمثلة في بعض الطرائق (السطحية إلى حد ما)، فإنه لا يمكن إنكار أوجه الشبه. خلال معظم تاريخ البشرية، تضاعف عدد سكاننا كل 32000 عام. حالياً نتضاعف كل 35 عاماً. لا يوجد كائن حيوي - سواء أكان بكتيريا أو حيوان الرنة أو بشر - يمكنه الاستمرار في النمو بهذا المعدل.

هناك عدد من العوامل التي تسهم في الانفجار السكاني، ولكن أولاً وقبل كل شيء هو زيادة توافر الغذاء الذي أوجدته الزراعة التي تعمل بالنفط. حتى لو كان المتفائلون على حق، فإننا سنكون قد استنفدنا مخزون الأرض من النفط المتاح بسهولة بحلول عام 2035. في هذه المرحلة، سينهار عدد سكاننا بشكل شبه مؤكد. من الناحية النظرية، يمكننا تجنب حدوث انهيار إذا قللنا طواعية من عدد السكان ومستويات الاستهلاك.

للأسف، لم يكتشف أي كائن حي على الإطلاق كيفية تقليل عدد سكانه بطريقة تدريجية وطوعية. في كل حالة من حالات نقص الموارد، تكون النتيجة واحدة: انهيار سكاني يتميز بالعنف والمرض وأكل لحوم البشر.

قد يكون من الصعوبة بمكان التعامل مع هذه الطروحات عاطفياً وفكرياً. وكما صرح وزير البيئة البريطاني السابق مايكل ميتشر «من الصعب تصور آثار الانخفاض الجذري في إمدادات النفط على الاقتصاد أو المجتمع الحديث. ستكون التداعيات مذهلة». ربما يساعد التفسير الآتي، مع المبالغة في تبسيطه، في توضيح المستقبل الذي نسير نحوه.

كما هو موضح أعلاه، يتبع إنتاج النفط في جميع أنحاء العالم منحنياً جرسياً. ومن ثم، إذا كان عام 2000 هو عام ذروة الإنتاج، فسيكون إنتاج النفط في عام 2025 تقريباً هو نفسه كما كان في عام 1975.

من المتوقع أن يصل عدد السكان في عام 2025 إلى نحو 8 بلايين نسمة. كان عدد السكان في عام 1975 ما يقرب من 4 بلايين. بما أن إنتاج النفط يساوي إنتاج الغذاء، فهذا يعني أنه سيكون لدينا 8 بلايين شخص على هذا الكوكب ولكن الغذاء يكفي فقط 4 بلايين نسمة.

مع وضع ذلك في الاعتبار، تخيل الموقف الآتي: إذا جرى حبسك أنت وأنا وستة أشخاص آخرين في غرفة، مع ما يكفي من الطعام لأربعة منا فقط. أربعة منا على الأقل سيموتون من الجوع. من المحتمل أن يموت شخص أو اثنان، لأننا جميعاً قد نقاتل بعضنا بعضاً من أجل القليل من الطعام الذي لدينا.



سنأخذ فيما يأتي حالة الولايات المتحدة الأمريكية التي تعد حالياً أحد أكثر الدول المستهلكة للنفط.

بحلول عام 2050، سيكون لدى الولايات المتحدة ما يكفي من الأراضي الصالحة للزراعة فقط لإنتاج الغذاء لنصف سكانها، ومياه كافية بالكاد. هذا لا يأخذ في الحسبان آثار نضوب النفط الذي سيؤدي إلى تفاقم الوضع بشدة، كما ستفعل العولمة.

أ. الزيادة السكانية

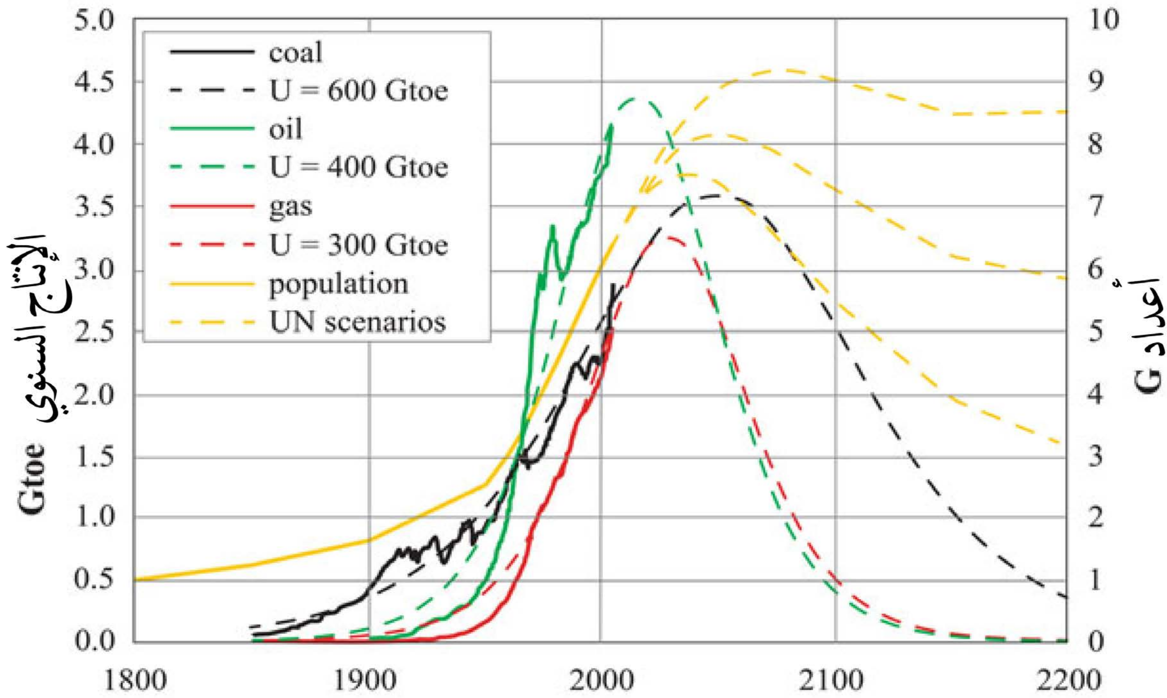
يبلغ عدد السكان الحاليين في الولايات المتحدة أقل بقليل من 332 مليون نسمة. يتزايد عدد السكان بمعدل 0.4 % سنوياً، ولا يشمل الهجرة غير الشرعية. وبهذا المعدل، سيصل عدد سكان الولايات المتحدة إلى 423 مليون بحلول عام 2050. إذا استمرت الهجرة غير الشرعية بلا هوادة، فسوف يرتفع هذا العدد بشكل كبير.

ومع ذلك، في بداية القرن التاسع عشر، كان العالم لا يزال مكاناً كبيراً. كان عدد سكان العالم في زمن المسيح عليه السلام نحو 300 مليون نسمة، ولم يتضاعف حتى القرن التاسع عشر، وبقي ثابتاً دون 500 مليون، مع انخفاض طفيف في القرن الرابع عشر من الموت الأسود.

يعيش معظم الناس حياة ريفية بسيطة ومستدامة في أي منطقة يمكن أن تدعمها منطقتهم. جاءت طاقتهم بشكل أساسي من عضلاتهم، مع تكملتها بحيوانات الجر والخشب وطاقة الرياح وطاقة المياه.



ولكن بعد ذلك تضاعف عدد السكان خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر، حيث أدى التصنيع المعتمد على الفحم إلى التوسع الاقتصادي. كان لوصول النفط في النصف الثاني من القرن تأثير أكثر دراماتيكية؛ لقد أتاح توسع السكان ستة أضعاف، بالتوازي تماماً مع نمو النفط خلال 150 عاماً فقط.



النمو السكاني وإنتاج الوقود الأحفوري منذ القرن 19م. أدى إنتاج الهيدروكربونات الأحفورية دوراً كبيراً في ظهور النظام الصناعي الذي يدعم جزءاً كبيراً من سبعة بلايين شخص في العالم.



ب.الأراضــي الصالحــة للزراعــة لكل شــخص

مـع اسـتمرار التحضـر وتـآكل التربـة بـلا هـوادة، مـن المتوقـع أن يكـون لـدى الولايـات المتحدة 290 مليـون فـدان فقـط من الأراضـي الصالحـة للزراعـة بحلول عـام 2050. ويبلـغ عـدد سـكانها 423 مليـون نسـمة، وهـذا يعنـي أن كل شـخص سـيكون لديـه فقـط 0.7 فـدان مـن الأراضـي الصالحـة للزراعـة يمكـن أن يشـتق منها طعامـه. ومع ذلـك، يؤكـد المهندسـون الزراعيـون أن الشـخص يحتـاج إلـى 1.2 فـدان مـن الأراضـي الصالحـة للزراعـة مـن أجـل نظـام غذائـي منتـج. بعبـارة أخـرى، لـن يكـون هنـاك سـوى مـا يكفـي مـن الأراضـي الصالحـة للزراعـة لإطعـام نصـف الأمريكـان، دون مراعـاة آثـار الهجـرة المتزايـدة وانخفـاض توافـر الوقـود الأحفـوري.

ج. ميـــاه الشـــرب

يسـتهلك الأمريكيـون حاليـاً مـا يقـرب مـن 1500 غالـون مـن المـاء يوميـاً / للفـرد لتلبيـة جميـع احتياجاتهـم. (يشـمل ذلـك الصناعـة والنقـل والدفـاع الوطنـي وإنتـاج الغـذاء ومـا إلـى ذلـك، وليـس فقـط المـاء الـذي تشـربه). يقـدر علمـاء الهيدرولوجيـا أن الإنسـان يحتـاج مـا لا يقـل عـن 700 غالـون مـن المـاء يوميـاً / للفـرد لتلبيـة احتياجاتـه الأساسـية. حتـى لـو قامـت الولايـات المتحـدة بتحسـين إدارتهـا للميـاه، فسـنكون قادريـن فقـط علـى توفيـر 700 غالـون يوميـاً / للفـرد بحلـول عـام 2050 - وهـو مـا يكفـي بالـكاد لإبقـاء النـاس علـى قيـد الحيـاة.



د. العــولمــة

تعتمد دول العالم حالياً على بعضها بعضاً لدرجة أن الولايات المتحدة لا تستطيع عزل نفسها عن الأزمات في جميع أنحاء العالم.

قد تكون تشابكاتنا الاقتصادية والصناعية مع الصين إشكالية بشكل خاص. على سبيل المثال، في مقال نُشر في نوفمبر 2003 بعنوان «ارتفاع أسعار الحبوب في الصين يمكن أن يشير إلى أزمة غذاء عالمية»، أوضح خبير البيئة ليستر براون: عندما تتجه الصين إلى السوق العالمية للحبوب، فإنها ستحتاج إلى 30، 40، 50 مليون طن، أي أكثر مما يستورده أي شخص آخر في العالم. سوف يأتون أولاً إلى الأسواق الأمريكية، الأمر الذي سيحدث وضعاً جيوسياسياً رائعاً. مع وجود فائض تجاري بقيمة 100 بليون دولار مع الولايات المتحدة في عام 2002، تتمتع الصين بقوة شرائية هائلة لشراء الحبوب الأمريكية، مما قد يؤدي إلى ارتفاع الأسعار بنسبة 200 %. بالفعل، أدت الزيادة في الطلب الصيني على فول الصويا الأمريكي، بالإضافة إلى محصول فول الصويا السيء، إلى ارتفاع الأسعار من خمسة دولارات للبوشل إلى ثمانية دولارات للبوشل (1 بوشل من القمح وفول الصويا = 27.2188 كيلو غرام).

إننا نصف هنا السيناريو الأكثر احتمالاً لتداعيات نضوب النفط. والسيناريو الأسوأ هو الانقراض، حيث من المرجح أن تكون الحروب التي ستصاحب نقص النفط في جميع أنحاء العالم هي الأكثر رعباً وانتشاراً التي شهدتها البشرية على الإطلاق. وقد تؤكد التقارير الصادرة الآتية ما نعتقده:

في عام 1995، أصدرت شركة Petroconsultants Pty.، وهي إحدى أكبر شركات التحليل والاستشارات في صناعة النفط وأكثرها احتراماً، وثيقة بعنوان



«إمدادات النفط العالمية 1930–2050». هذا التقرير، الذي كُتب للمطلعين في صناعة النفط وكلف 32000 دولار لكل نسخة، توقع أن إنتاج النفط العالمي سيبلغ ذروته في نحو عام 2000 وينخفض بنسبة 25 % بحلول عام 2025.

كما جادل د. ديفيد جودستين، أستاذ الفيزياء ونائب رئيس جامعة كال تيك، في كتابه الصادر مؤخراً Out of Gas: The End of Oil، بقوة بأن الإنتاج العالمي من النفط سيبلغ ذروته قريباً، وربما خلال هذا العقد. وسيتبع ذلك انخفاض توافر الوقود الأحفوري الذي يمكن أن يغرق العالم في صراعات عالمية بينما تكافح الدول للاستيلاء على حصتها من الفطيرة الآخذة في الانكماش. في مقابلة حديثة مع قناة ABC news، قال الدكتور جودستين هذا عن ذروة النفط: أفضل حالة؟ الاضطرابات العالمية التي تلت الذروة بمثابة جرس إنذار عالمي. ينجح الاقتصاد القائم على الميثان في سد الفجوة مؤقتاً أثناء بناء محطات الطاقة النووية وإنشاء البنية التحتية لأنواع الوقود البديلة. يشاهد العالم بقلق بينما كل تقدير جديد لذروة هوبرت لليورانيوم والصخر النفطي يتصدر أخبار الصفحة الأولى.

ولكن ما هي الحالة الأسوأ؟ بعد الذروة، تفشل جميع الجهود المبذولة لإنتاج وتوزيع واستهلاك الوقود البديل بسرعة كافية لملء الفجوة بين انخفاض الإمدادات وزيادة الطلب. يترك التضخم الجامح والكساد العالمي البلايين من الناس بلا بديل سوى حرق الفحم بكميات هائلة للدفء والطهي والصناعة البدائية. يؤدي التغيير في تأثير الاحتباس الحراري الذي ينتج عنه في النهاية إلى تحويل مناخ الأرض إلى حالة جديدة معادية للحياة. إنها نهاية العالم.

لدينا أيضاً ماثيو سيمونز، مستشار الطاقة لجورج دبليو بوش، عندما سُئل في مقابلة أجريت في أغسطس 2003 عما إذا كان الوقت قد حان حتى تصير ذروة



النفط جزءاً من نقاش السياسة العامة. فأجاب: لقد حان الوقت. كما قلت، الخبراء والسياسيون ليس لديهم خطة بديلة للرجوع إليها. إذا بلغت الطاقة ذروتها، خاصة في حين أن 5 بليون من سكان العالم البالغ عددهم 6.5 بليون نسمة لديهم استخدام ضئيل أو معدوم للطاقة الحديثة، فسيكون زلزال هائل لرفاهيتنا الاقتصادية وصحتنا، إنه أعظم وضع كارثي يمكن لأي شخص أن يتخيله.

يمكن أن نقدم فيما يأتي ملخصاً ذا شقين لما يمكن توقعه في السنوات القادمة أحدهما متفائل والآخر متشائم.

• التوقـــع المتفائـــل

- 1–5 سنوات بعد الذروة: ركود كبير مماثل للذي حدث خلال نقص النفط المصطنع في السبعينات.
- 5–15 سنة بعد الذروة: الركود يزداد سوءاً ويتحول إلى الكساد الكبير الثاني.
- 15–25 سنة بعد الذروة: المجتمع يبدأ في الانهيار. بدأت الظروف في الولايات المتحدة تشبه تلك الموجودة في الاتحاد السوفيتي السابق.
- 25–50 سنة بعد الذروة: الانهيار المجتمعي يزداد سوءاً. بدأت الظروف داخل الولايات المتحدة تشبه تلك الموجودة في العراق الحديث: بطالة عالية جداً، وجرائم عالية، وقطع طرق، وشبكة كهربائية منهارة، ونقص في الغذاء والماء. تشبه العديد من المواقع دول العالم الثالث الحديثة مثل ليبيريا أو البوسنة.
- 50–100 سنة بعد الذروة: يبدأ المجتمع في الاستقرار، وإن كان في شكل مختلف تماماً، أكثر من أي شيء يتخيله معظمنا.



• التوقـــع المتشـــائم

10–25 سنة بعد الذروة: عندما يصير النفط أكثر ندرةً، يلجأ الناس إلى حرق الفحم لتشغيل أشكال بدائية من الصناعة، مما يسرع بشكل كبير من تغير المناخ العالمي. تفشل المحاصيل، وتبدأ المجاعات الجماعية. تندلع الحروب العالمية حيث تتدافع الدول على ما تبقى من النفط الرخيص القليل. في مرحلة ما، تقرر قوة نووية مثل الولايات المتحدة أو روسيا أنه ليس لديها ما تخسره بمحاولة كسب حرب نووية عالمية شاملة.

• أدلــة ظهــور تداعيــات نضــوب النفــط

أ. انخفاض إنتاج النفط

في مايو 2003، في مؤتمر ذروة النفط بباريس، أوضح البروفيسور كينيث ديفيز، مؤلف كتاب (ذروة هوبرت: النفط العالمي الوشيك)، أن ذروة النفط وصلت بالفعل في عام 2000 من خلال ملاحظة أن الإنتاج قد انخفض بالفعل منذ ذلك الوقت.

ب. التقديرات المعدلة جذرياً لاحتياطيات النفط والغاز الطبيعي

في أكتوبر 2003، ذكرت CNN International أن فريقاً بحثياً من جامعة أوبسالا السويدية اكتشف أن احتياطيات النفط في جميع أنحاء العالم أقل بنسبة تصل إلى 80 % مما كان يعتقد سابقاً، وأن إنتاج النفط في جميع أنحاء

العالم سيبلغ ذروته في غضون السنوات العشر القادمة، وبمجرد أن يصل الإنتاج إلى ذروته. ستصل الأسعار إلى مستويات كارثية.

في يناير 2004، تراجعت أسهم شركات النفط الكبرى بعد أن صدمت مجموعة رويال داتش / شل المستثمرين بخفض احتياطياتها «المؤكدة» بنسبة 20 %، مما أثار مخاوف من أن الآخرين قد حجزوا احتياطياتهم بشكل غير صحيح. بعد شهر، أعلنت شركة الطاقة El Paso Corporation أنها خفضت تقديراتها لاحتياطيات الغاز الطبيعي المؤكدة بنسبة 41 %.

ج. ارتفاع أسعار النفط والغاز

في مارس 2004، وصل سعر النفط إلى 38 دولاراً للبرميل، وهو أعلى سعر منذ عام 1991. وبلغ متوسط سعر غالون البنزين في أمريكا مستوى قياسياً بلغ 1.77 دولاراً. في بعض أجزاء البلاد (سان فرانسيسكو، كاليفورنيا)، وصل سعر الغاز بالفعل إلى 2.40 دولار للغالون. وتوقع العديد من المحللين أن تتجاوز أسعار الغاز 3.50 دولار للغالون في صيف 2004.

د. معدل بطالة مرتفع

يمكنك التفكير في «ذروة إنتاج النفط» كمرادف لـ «ذروة خلق فرص العمل». اعتباراً من ديسمبر 2003، لا تزال البطالة «المعدلة»، التي جرى تقليصها من أكبر قدر ممكن من المعنى، تحوم في نطاق 6 %.



ومع ذلك، إذا كنت تأخذ في الاعتبار جودة التوظيف، فإن الأرقام الحقيقية تكون أقرب إلى 12 % - 15 %. نحن بحاجة إلى خلق أكثر من 250000 وظيفة جديدة شهرياً لمجرد مواكبة النمو السكاني. إن خلق وظائف جديدة أمر مستحيل بشكل أساسي الآن بعد أن بلغ إنتاج النفط ذروته. بدون وجود فائض في إمدادات الطاقة، لا يمكن للاقتصاد أن ينمو، ولا يمكن خلق العدد الضروري من الوظائف باستمرار.

هـ. انقطاع التيار الكهربائي

إن انقطاع التيار الكهربائي المتواصل في كاليفورنيا خلال خريف عام 2000، وانقطاع التيار الكهربائي الهائل في الساحل الشرقي في أغسطس 2003، ومختلف الانقطاعات الضخمة الأخرى التي حدثت في جميع أنحاء العالم خلال أواخر صيف عام 2003، هي ببساطة علامة على أشياء قادمة.

و. تقليل إنتاج المواد الغذائية والكيماوية

انخفض إنتاج الحبوب في العالم كل عام منذ 1996-1997. انخفض إنتاج القمح العالمي كل عام منذ 1997-1998. قد تكون الزيادات الأخيرة في أسعار المواد الغذائية في الصين علامة على أزمة غذاء عالمية قادمة ناجمة عن الاحتباس الحراري وإمدادات المياه الشحيحة بشكل متزايد بين منتجي الحبوب الرئيسيين. في الولايات المتحدة أغلقت ربع مصانع الأسمدة الأمريكية بشكل دائم، وربع آخر كان معطلاً حتى استقرت الأسعار مرة أخرى بعد ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي.



ز. المؤشرات البيولوجية لانهيار وشيك موجودة

إذا كنت تريد أن تتنبأ عندما يكون أي مجتمع على بعد جيل واحد من موت جماعي، فكل ما عليك فعله هو النظر إلى ثلاثة معايير. بمجرد استيفاء السكان لهذه المعايير، فإن الموت يكاد يكون مؤكداً والله أعلم:

1. نضوب نصف مورد رئيسي.
2. بدأ توافر هذا المورد للفرد في الانخفاض.
3. معدل النمو السكاني يبدأ في التباطؤ.

في حالة الولايات المتحدة الأمريكية، قد تم استيفاء جميع هذه المعايير الثلاثة:

1. لقد استخدم ما يقرب من نصف الهبات الأصلية من النفط في العالم.
2. بلغ إنتاج الفرد من النفط ذروته في السبعينات. لقد استمر في الانخفاض منذ ذلك الحين.
3. بلغ معدل النمو السكاني في العالم ذروته في عام 1964 عند 2.2 % سنوياً. في عام 1985، انخفض إلى 1.7 %. في عام 2000، انخفض إلى 1.4 %. في عام 2001، انخفض إلى 1.3 %. إذا استمر معدل الانخفاض هذا، فقد انخفض إلى 1 % في عام 2015.

غالبا ما يستشهد الناس بهذه الحقيقة كعلامة إيجابية. بعد كل شيء، كما يقولون، أليس إبطاء معدل النمو السكاني هو الخطوة الأولى نحو تقليص عدد السكان طواعية؟ أليست هذه علامة على أننا قد نكون قادرين على تجنب وقوع حادث؟ ما فشلوا في فهمه هو أنه لا توجد أنواع، في أي مكان في الطبيعة،



طوال التاريخ، تمكنت من تقليل أعدادها طواعية. في كل حالة، بمجرد أن يصل معدل النمو إلى الصفر، ينهار عدد السكان. ومن ثم، فإن حقيقة أن معدل النمو لدينا يتباطأ أمر ينذر بالسوء كما يحصل! هذا يعني أن الانهيار صار حالياً أمراً لا مفر منه علمياً.

إذا تمكنا من تجنب الانهيار، فسنكون أول الأنواع البيولوجية (بشرية أو غير بشرية) تظهر هذه الأعراض الثلاثة وليس الانهيار.

ح. وماذا عن الاكتشافات الحديثة؟

في سبتمبر 2001، كان يُعتقد أن بحر قزوين هو اكتشاف القرن في النفط. في ديسمبر 2002، بعد أن استولت القوات الأمريكية على أفغانستان، أعلنت شركة بريتيش بتروليوم نتائج حفر مخيبة للآمال في بحر قزوين. كان «اكتشاف القرن في النفط» أكثر بقليل من نقطة في محيط.

وبدلاً من التنبؤات السابقة باحتياطيات نفطية تزيد عن 200 بليون برميل، أعلنت وزارة الخارجية الأمريكية، أن «نفط بحر قزوين يمثل 4 % من الاحتياطيات العالمية، ولن يهيمن على أسواق العالم أبداً».

علاوة على ذلك، فإن المنطقة لديها احتمالية نشوب حروب واضطرابات يمكن أن تجعل الخليج العربي يبدو مرتبكاً بالمقارنة. تحيط الدول غير المستقرة ببحر قزوين، بما في ذلك روسيا وكازاخستان وتركمانستان وأوزبكستان وإيران وأذربيجان. خطوط الأنابيب المقترحة لنقل النفط عبر النقاط الساخنة مثل

أفغانستان وباكستان وتركيا والصين وروسيا وأوكرانيا وبلغاريا وقيرغيزستان. وفي الوقت نفسه، فإن المنطقة معزولة ولا ترحم، ومن ثم فإن النفقات المرتبطة بالحفر ستكون هائلة.

مع وجود هذه العوائق الضخمة، صار النفط نادراً جداً لدرجة أن حتى الكميات المتواضعة المخيبة للآمال الموجودة في بحر قزوين ستبقى مهمة جداً من الناحية الجيوسياسية.

أما ما يسمى بالنفط «غير التقليدي»، مثل الرمال النفطية الموجودة في كندا وفنزويلا، فهو غير قادر على استبدال النفط التقليدي للأسباب الآتية:

1. النفط غير التقليدي له نسبة (طاقة / ربح) ضعيفة جداً، ومن الصعب جداً إنتاجه. يتطلب استثمار برميلين من النفط في الطاقة لإنتاج ثلاثة براميل من النفط المكافئ من تلك الموارد كما أن تكلفة مشروعات النفط غير التقليدية الكندية مرتفعة جداً.

2. التكاليف البيئية رهيبة والعملية تستخدم كمية هائلة من المياه العذبة وكذلك الغاز الطبيعي، وكلاهما محدود العرض.

3. مع وفرة النفط غير التقليدي، إلا أن معدل استخراجه أبطأ بكثير من تلبية الطلب العالمي الهائل على الطاقة. يقدر الدكتور كولين كامبل أن الإنتاج الكندي والفنزويلي المشترك من النفط غير التقليدي كان 2.8 مليون برميل يومياً في عام 2005، و3.6 مليون برميل يومياً في عام 2012، و4.6 مليون برميل في اليوم في عام 2020. وهذه انخفاضات في المجموعة، نظراً لاستهلاك اليوم 75 مليون برميل في اليوم، وكان من المتوقع أن تزيد إلى



120 مليون برميل في اليوم عام 2020. ولكن هل يوجد المزيد من النفط ليكتشف؟ يكاد يكون من المؤكد لا. تشير جميع الأدلة المتاحة إلى أننا قد حددنا بالفعل معظم احتياطيات النفط في العالم:

ط. يبلغ عمر أكبر حقول النفط في العالم أكثر من 40 عاماً

وفقًا لتقرير حديث صادر عن كلية كولورادو للمناجم بعنوان حقول النفط العملاقة في العالم، ينتج أكبر 120 حقلاً نفطاً في العالم ما يقرب من 50 % من إمدادات النفط الخام في العالم. أكبر أربعة عشر حساب لأكثر من 20 %. ويبلغ متوسط عمر هذه الحقول الأربعة عشر الأكبر 43.5 عاماً. «تتضاءل الاحتياطيات في حقول النفط العملاقة والكبيرة في العالم بمعدل 4-6 % سنوياً. وتخلص الدراسة إلى أن» معظم عمالقة العالم الحقيقيين قد عُثر عليها منذ عقود».

ي. عدد قليل جداً من الاكتشافات النفطية الجديدة في السنوات الأخيرة

على مدار العشرين عاماً الماضية، ومع استثمار شركات النفط الكبرى لمئات البلايين من الدولارات، كانت النتائج مخيبة للآمال بشكل مقلق. لقد خضع معظم العالم حالياً للأشعة السينية الرقمية باستخدام الأقمار الصناعية والبيانات الزلزالية وأجهزة الحاسوب، في عملية تحديد موقع 41000 حقل نفط. حُفر أكثر من 641000 بئر استكشافية، وجميع الحقول التي تظهر أي وعد معروفة جيداً وجرى أخذها في الاعتبار في تقدير تريليون برميل الذي تستخدمه صناعة النفط لاحتياطيات النفط العالمية.

تشير دراسة حديثة نُشرت في مجلة بتروليوم ريفيو إلى أن الإنتاج قد لا يكون قادراً على مواكبة الطلب عام 2007. والدراسة عبارة عن مسح «المشروعات الضخمة» النفطية، وهي مشروعات تحوي على أكثر من 500 مليون برميل، أو كمية النفط التي يستهلكها العالم في 5–10 أيام. تضاءل معدل الاكتشاف للمشروعات الضخمة إلى لا شيء تقريباً. في عام 2000، اكتشف 16 مشروعاً ضخماً. وفي عام 2001، كان هناك 8 اكتشافات جديدة فقط، وفي عام 2002 كان هناك 3 اكتشافات فقط من هذا القبيل.

إنها ليست مجرد «مشروعات ضخمة» لم يعد يُعثر عليها. يكتشف عدد قليل جداً من مشروعات النفط من أي حجم هذه الأيام. بين عامي 2001 و2003، اكتشفت شركات النفط أقل من نصف الاحتياطيات التي عُثر عليها بين عامي 1998 و2000. يتدفق نحو 80 % من النفط المنتج اليوم من الحقول التي عثر عليها منذ أكثر من 30 عاماً، والغالبية العظمى منها آخذة في الانخفاض.

ك. البر الرئيسي للولايات المتحدة كمثال

إذا كنت بحاجة إلى مزيد من الاقتناع بعدم وجود (أو على الأقل وجود عدد قليل جداً) من حقول النفط الكبيرة المتبقية لتكتشف، ففكر في مثال البر الرئيسي للولايات المتحدة. في الولايات المتحدة، كان هناك بحث عن النفط وقد استخرج لفترة أطول من أي بلد آخر، وفيه قوة مالية وتكنولوجية أكثر من أي بلد آخر.

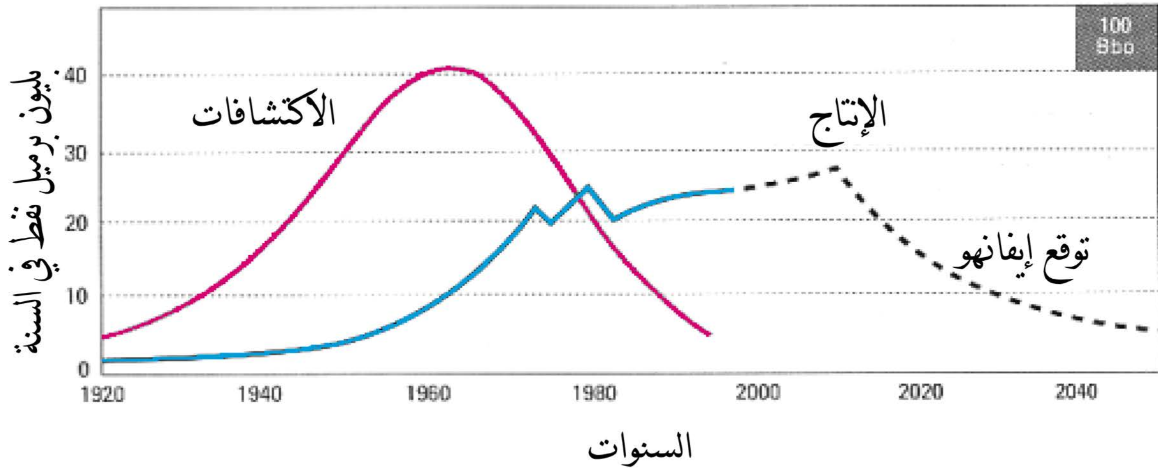
إذا استطاع أي بلد أن يغير مسار انخفاض أسعار النفط، فستكون هي أمريكا. بلغ إنتاج النفط في الولايات المتحدة ذروته في عام 1970 وتراجع باستمرار منذ ذلك الحين. مع وجود الحوافز المالية القصوى، وأرقى التقنيات



في العالم والانفتاح الكامل على الابتكار، لم تتمكن الولايات المتحدة من إبطاء هذا الانخفاض في الإنتاج بنسبة 2 % سنوياً، ناهيك عن عكسه.

خمسة وثلاثون عاماً من المال والبحوث لم تبطئ أو تعكس الانحدار. لماذا إذن يجب أن يكون العالم أفضل حالاً؟ الحقيقة هي أن العالم لن يكون أفضل حالاً.

صرح ماثيو سيمونز بإيجاز لقد «عثر على جميع الرواسب الكبيرة واستغلالها. لن يكون هناك أي اكتشافات جديدة مثيرة، وقد أوضحت اتجاهات الاكتشاف هذا الأمر بشكل واضح». وفي ملاحظة مماثلة، وفقاً للدكتور ديفيد غودشتاين: «من الأفضل أن نؤمن بأسطورة جنية الأسنان (التي تأخذ أسنان الأطفال عند تبديلها من اللبنية إلى الدائمة) من إمكانية اكتشاف المزيد من النفط».



اكتشافات حقول النفط الجديدة مقابل الإنتاج.

خبراء أمثال سيمونز وجودشتاسن يتمتعون بأوراق اعتماد لا تشوبها شائبة ومقاومة للرصاص، ولكن حتى الخبراء يتضح أنهم مخطئون في بعض الأحيان. ماذا لو كان هناك بالفعل كمية هائلة من النفط تنتظر الاكتشاف؟ ألن يُحدث ذلك فرقاً؟



لكن هذا ليس صحيحاً. بالنظر إلى الزيادات الهائلة في معدلات الاستهلاك، حتى لو بدأنا في العثور على كميات هائلة بشكل مذهل من النفط غداً، فإن الأزمة لن تتأخر إلا لبضع سنوات. كما يوضح عالم الفيزياء بجامعة كولورادو ألبرت بارتليت، نظراً للنمو الهائل في الاستهلاك «تؤدي مضاعفة الموارد المتبقية إلى زيادة طفيفة فقط» في متوسط العمر المتوقع.

حسب التحليل الرياضياتي الأخير الذي أجراه بارتليت لإنتاج النفط أنه حتى لو تضاعف إجمالي إمدادات النفط النهائية المقدرة من 2000 بليون برميل إلى 4000 بليون برميل، فإن ذلك سيؤدي فقط إلى تأخير الذروة بمقدار 25 عاماً! وهذا يعني أنه حتى الكمية الحالية التي نعتقد أننا تركناها تضاعفت ثلاث مرات من 1000 بليون برميل إلى 3000 بليون برميل، فإننا لا نزال على بُعد جيل واحد من الكارثة.

في الوقت الحاضر، يعتبر اكتشاف النفط بمقدار 200 مليون برميل ضخماً، وسيحظى باهتمام كبير في الصحافة. يستهلك العالم 75 مليون برميل يومياً. لذلك حتى الاكتشاف الضخم هو في الحقيقة مجرد إمداد لمدة 3 إلى 4 أيام. من المؤكد أنه سيحقق الكثير من المال لمن وجده، لكنه لن يفعل الكثير لتخفيف صدمات النفط.

ومن الممكن أن تتحسن الأمور قبل أن تسوء. إذْ بمجرد اكتشاف النفط، يستغرق الأمر نحو 5 سنوات حتى ينتج فوراً. كما ورد سابقاً، كانت آخر سنة مناسبة عن بعد لاكتشافات النفط هي 2000. وهذا يعني أن آخر سنة مناسبة للإنتاج الجديد ستكون نحو 2005. وبين عامي 2008-2010، ستكون هذه المشروعات في تراجع.



بالتأكيد تستطيع التكنولوجيا فقط إيجاد طرائق أفضل وأكثر فاعلية لاستخدام النفط المتبقي، لكن هذه الكفاءة المتزايدة لا تعني شيئاً ما لم نستخدم نفطاً أقل بشكل عام. حتى الوقت الحالي، كلما حصلنا على كفاءة أكثر، زاد استخدامنا للنفط. يجب عكس هذا الاتجاه إذا أردنا أن نتعامل بشكل فعال مع هذه الأزمة. ومع ذلك، في اقتصاد السوق الحرة، هذا غير مرجح.

لقد اقترح الدكتور توماس غولد في كتابه الصادر عام 1999، The Deep Hot Biosphere ، نظرية مفادها أن النفط يأتي من أعماق قشرة الأرض، متخلفاً عن بعض الأحداث البدائية في تكوين الأرض، عندما تشكلت الهيدروكربونات. إذا كانت نظريته صحيحة، قد يعني أن الوقود الأحفوري هو في الواقع مورد متجدد.

للأسف، ثبت أن نظريته كانت خاطئة مراراً وتكراراً. وكما قال ستيف درروري، الذي راجع كتاب غولد لمجلة جيولوجية «أي عالم في الأرض سوف يسعد بقراءة الكتاب، لأنه مادة مسلية، ولكن حتى المبتدئ سيرى الفجوات الكبيرة التي تجنبها غولد بمهارة. إنها الجزء الأكبر من الأدلة الدنيوية بشأن الهيدروكربونات على كوكبنا». عندما سئل عن صحة نظريات مثل نظريات غولد، أجاب الدكتور كولين كامبل: يحدث النفط في بعض الأحيان في الصخور البلورية المكسورة أو المجوّفة، مما قد يدفع الناس إلى قبول هذه النظرية، ولكن في جميع الحالات يوجد تفسير سهل للهجرة الجانبية من المصادر الطبيعية. توفر الأدلة النظيرية ارتباطاً واضحاً بالأصول العضوية. لا أحد في الصناعة يعطي أدنى مصداقية لهذه النظريات: بعد الحفر لمدة 150 عاماً يعرفون القليل عنها. فكرة أخرى مضللة تتعلق بإعادة تعبئة حقول النفط. بعضها كذلك، لكن النفط يتسرب ببساطة من تراكم أعمق.



أخيراً، فإن فرضية أعماق الأرض فيها عيب قاتل: إذا كان النفط، بالفعل، قد تشكل تحت حرارة وضغط شديدين في مركز الأرض، فإنه يميل إلى التفكك حيث يرتفع من مناطق درجة الحرارة والضغط المرتفعين إلى المناطق الحميدة، وهي عالم أكثر برودة، ومنخفض الضغط وأقرب إلى سطح الأرض.

لقد أفاد عدد سبتمبر 2003 من World Oil أن شركة Chevron-Texaco تخطط للتخلص من 550 محطة تعبئة في الولايات المتحدة؛ و900 في آسيا وأفريقيا؛ وعمليات البيع بالتجزئة والتكرير في أوروبا وأمريكا الجنوبية وأستراليا والشرق الأوسط؛ والاستكشاف والإنتاج في أمريكا الشمالية وبحر الشمال وبابوا.

هذه هي تصرفات شركة تخطط لاستراتيجية تراجع مربحة، والتي ستكون بالفعل واقعية بالنظر إلى الذروة والانحدار المرتقبين للإنتاج العالمي. العمل يسلم رسالة أوسع.

في عام 1972، صدم نادي روما (COR) العالم بدراسة بعنوان حدود النمو، والتي خلصت إلى ما يأتي:

1. إذا استمر السكان في النمو والتصنيع كما كان، فسوف ينفد المجتمع من الموارد المتجددة بحلول عام 2072. وسيتبع ذلك اضطراب جماعي.
2. حتى لو تضاعف عرض الموارد بطريقة سحرية، فقد يحدث الانهيار نتيجة للتلوث.

في كثير من الأحيان، عندما يقوم شخص ما بعمل تنبؤ بنوع «نهاية العالم»، يتم الاستهزاء به باعتباره «نادي روما». هذا مؤسف جداً، حيث يبدو أن كلام نادي روما كان صحيحاً. من تكلم؟ لا أحد غير ماثيو سيمونز، الذي صرح في



عام 2000 «بعد فوات الأوان، تبين أن نادي روما كان على حق. لقد أهدرنا ببساطة 30 عاماً مهمةً بتجاهل هذا العمل».

وفي ملاحظة مماثلة، أشار ريتشارد سي دنكان من معهد الطاقة مؤخرًا: «إن تنبؤات الاستنفاد الوشيك للنفط قديمة قدم الصناعة نفسها، وهذا لم يتغير. ما تغير هو الكم المتزايد من بيانات النفط التاريخية المتوفر حالياً لاختبار التوقعات. ومن بين 44 دولة منتجة للنفط، من الواضح أن 24 دولة على الأقل قد تجاوزت ذروة إنتاجها». ومن ثم فإن النقاش حول إنتاج النفط العالمي حالياً لا يتعلق بالتنبؤ بالمستقبل بقدر ما يتعلق بتسجيل التاريخ كما يحدث.

فيما يتعلق بإمدادات النفط الأمريكية، كان هناك في السبعينات منتجو النفط «المتأرجحون» الآخرون مثل فنزويلا الذين يمكنهم التدخل لسد فجوة العرض. بمجرد أن يبلغ إنتاج النفط ذروته في جميع أنحاء العالم، لن يكون هناك أي منتجين متأرجحين لملء الفجوة. في العدد الأخير من النشرة الإخبارية لجمعية دراسة ذروة النفط، أوضح الدكتور كولين كامبل كيف أن نقص النفط العالمي القادم سيكون مختلفاً عن نقص النفط السابق: حتى الوقت الحالي، عندما وصل بلد أو مقاطعة أو منطقة فردية إلى هذه النقطة (انخفاض الإنتاج)، فإنها تشتري ببساطة من مكان آخر. ولكن ماذا سيحدث عندما يكون التراجع ظاهرة عالمية؟

في البداية سيرفض، وسيكون هناك الكثير من الكذب والتعتيم. ثم ترتفع الأسعار وينخفض الطلب. الأثرياء سوف يزايدون على الفقراء مقابل الإمدادات المتاحة. سيظهر النظام في البداية لإعادة التوازن.



ستصير اندفاعة الغاز أكثر جنوناً. سيدرك الناس أن إنشاء محطات الطاقة النووية يستغرق ما يصل إلى عشر سنوات. سوف يدرك الناس أيضاً أن الرياح والأمواج والطاقة الشمسية ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى كلها هامشية جداً وتستهلك الكثير من الطاقة في بنائها. سيكون هناك اندفاعة للمركبات والمعدات الأكثر كفاءة في استهلاك الوقود. لن يكون الفقراء قادرين على تحمل تكاليف الاستثمار أو الوقود.

سيصير التنقيب عن النفط والغاز واستغلالهما أمراً مسعوراً بشدة. سيقرر المزيد والمزيد من البلدان الاحتفاظ بإمدادات النفط والغاز لشعوبها. ستتجاهل جودة الهواء مع زيادة إنتاج الفحم واستهلاكه مرة أخرى. بمجرد أن يبدأ الانخفاض بالفعل، سينخفض إنتاج السوائل بلا هوادة بنسبة 5 % سنوياً. سترتفع أسعار الطاقة بلا رحمة. سوف يصير التضخم مستوطناً، وسوف تندلع النزاعات على الموارد.

«نهاية العالم» هنا، مرة أخرى. إذاً ما الجديد؟ كان من المفترض أن تكون موضة مشكلة العام 2000 (Y2K) Year 2000 problem هي نهاية العالم، واتضح أنها كانت ضجة كبيرة عن لا شيء.

ذروة النفط ليست مثل موضة Y2K. تختلف ذروة النفط عن سيناريوهات «نهاية العالم» السابقة مثل Y2K بالطرائق الآتية:

1. ذروة النفط ليست حالة «ماذا لو» بل هي «متى». علاوة على ذلك، فهي ليست «زمناً خلال الألف عام القادمة»، ولكنها «زمن خلال السنوات العشر القادمة».

2. تعتمد ذروة النفط على حقائق علمية، وليس تخمينات ذاتية.



3. بدأت الحكومة والصناعة التحضير لعام 2000 لمدة 5–10 سنوات كاملة قبل حدوث المشكلة. نحن في غضون 10 سنوات من ذروة النفط، ولم نقم بأي استعدادات لذلك.

4. سوف تتطلب الاستعدادات اللازمة للتعامل مع ذروة النفط إصلاحاً كاملاً لكل جانب من جوانب حضارتنا. هذا أكثر تعقيداً من إصلاح خطأ في الحاسوب.

5. علاوة على ذلك، يعتبر النفط أكثر أهمية لوجودنا من أي شيء آخر، حتى أجهزة الحاسوب. لو تحققت تنبؤات عام 2000، لعادت حضارتنا إلى عام 1965. مع مرور الوقت، كنا نتعافى. عندما يأتي الانهيار النفطي، ستعود حضارتنا إلى عام 1765. لن نتعافى، حيث لا يوجد نفط متاح اقتصادياً لاكتشاف ما يمكن أن يساعدنا على التعافي.



أربعة سيناريوهات مستقبلية

ستحدد الجغرافيا السياسية في العقد القادم (المناطق الممثَّلة بخطوط متقطعة) ما إذا كانت وتيرة تبَنّي الطاقة المشتقة من مصادر متجددة سوف تتفوق على وتيرة تبَنّي الطاقة المشتقة من الوقود الأحفوري، أم لا، وبأي سرعة سيحدث ذلك، كما هو موضح في هذه السيناريوهات الأربعة.

طفرة تكنولوجية:
ترتفع نسبة مصادر الطاقة المتجددة، ثم يتباطأ ارتفاعها حينما يؤدي التنافس إلى تقييد انتشارها.

يؤدي إحراز تطور علمي إلى المنافسة

1980 — 2100

اتفاقيّة خضراء كبيرة:
تدفع السياساتُ، والتمويلُ، والتعاونُ ناحية الإزالة السريعة للكربون.

الطاقة الإجمالية

وقود أحفوري

مصادر طاقة متجددة

1980 — 2100

تخبُّط:
يسود استخدام الوقود الأحفوري، ولا تفلح مصادر الطاقة المتجددة في تخفيف تغيُّر المناخ.

هناك شركات ودول تشهر إفلاسها

1980 — 2100

نزعات قومية :
تخضع صناعات الوقود الأحفوري للحماية، بينما يتفتت سوق الطاقة.

الطاقة الإجمالية

1980 — 2100







• كيف يرتبط كل هذا بتغير المناخ العالمي؟

يرتبط استهلاك الوقود الأحفوري وتغير المناخ العالمي ارتباطاً وثيقاً. وفقاً للبيانات التي جرى تحليلها من قبل معهد العموم العالمي، كان هناك ارتباط يقارب 100 % بين نمو الناتج المحلي الإجمالي العالمي وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري من استهلاك الطاقة الهيدروكربونية.

وفقاً لتقرير صدر مؤخراً عن البنتاغون، يمكن أن يؤدي تغير المناخ المفاجئ إلى دفع الكوكب إلى حافة الفوضى حيث تطور البلدان تهديداً نووياً للدفاع عن إمدادات الغذاء والمياه والطاقة المتناقصة وتأمينها.

ويشير التقرير إلى أنه في عام 2020 سيصير التغلب على النقص «الكارثي» في إمدادات المياه والطاقة أكثر صعوبة، مما يدفع الكوكب إلى الحرب. وخلص التقرير إلى أن «سيناريو وشيك لتغير مناخي كارثي أمر معقول وسيتحدى الأمن القومي الأمريكي بطرائق ينبغي النظر فيها على الفور».

سيؤدي تغير المناخ العالمي الكارثي والنقص الحاد في النفط إلى إحداث ضربة واحدة أو اثنتين يمكن أن تقضي على الجنس البشري إلى الأبد إذا لم نبدأ في أخذ وضعنا على محمل الجد.

لا توجد طريقة سوف تنقرض البشرية من خلالها بسبب ذروة النفط. ما الدليل العلمي على هذا الادعاء؟ بخلاف تفاؤلك أو إيمانك بالتكنولوجيا أو إيمانك بالسوق، ليس لديك شيء. من ناحية أخرى، يخبرنا العلم البيولوجي أننا قد ننقرض نتيجة ذروة النفط. وفقاً لعالم الأحياء ديفيد برايس: إن السكان الذين ينمون استجابةً لموارد وفيرة ولكنها محدودة، يميلون إلى استنفاد هذه



الموارد تماماً. بحلول الوقت الذي يكتشف فيه الأفراد أن الموارد المتبقية لن تكون كافية للجيل القادم، يكون الجيل القادم قد ولد بالفعل. وفي كفاحه من أجل البقاء، يستخدم الجيل الأخير كل خردة، حتى لا يبقى شيء يمكن أن يحافظ حتى على عدد قليل من السكان.

ومع ذلك، فإن القضية ليست «كمية النفط المتبقية لدينا» ولكن بشكل أكثر تحديداً، «مقدار النفط الرخيص المتبقي لدينا». وبالنظر إلى التكرار الذي قد يسيء فيه الناس فهم هذا، سوف نتطرق للحديث مرة أخرى قبل الانتقال إلى القسم اللاحق: لقد جرى تزويد الأرض بـ 2000 بليون برميل من النفط. لقد استخدمنا نحو 1000 بليون برميل. اعتباراً من عام 2003، صرنا نستهلك نحو 28 بليون برميل سنويًا. 1000 بليون برميل مقسومة على 28 بليون برميل في السنة = 35.7 سنة من النفط المتبقي. مع أن التحليل يبدو واضحاً، إلا أنه لا يراعي عاملين:

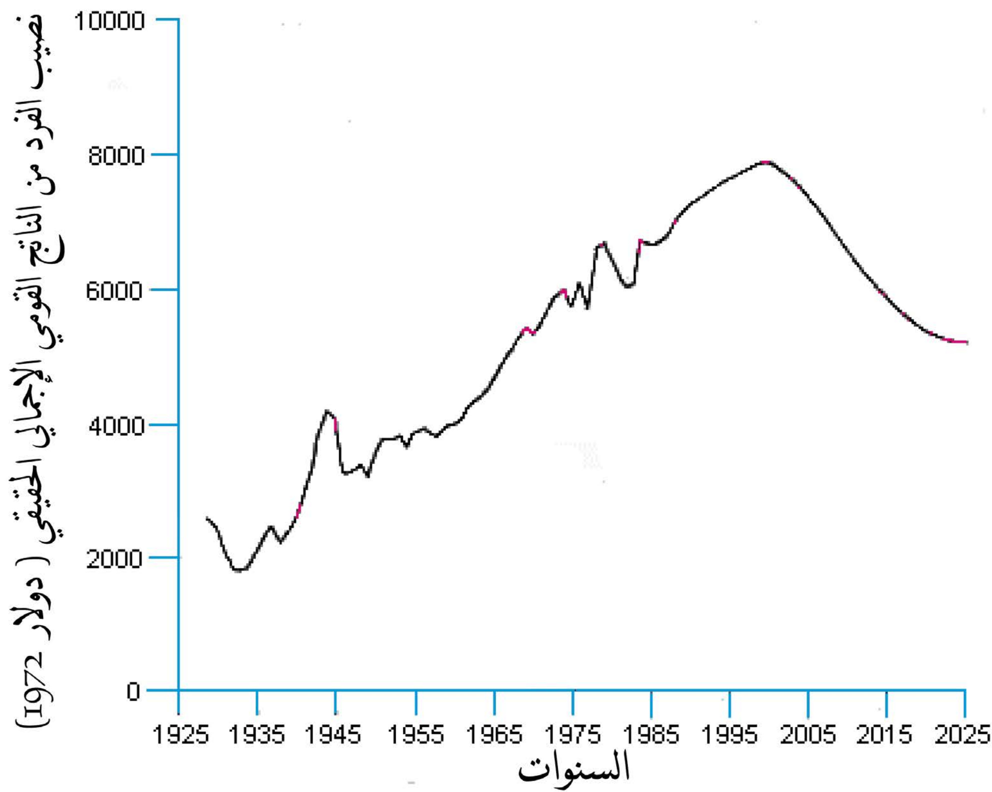
1. ازدياد الطلب كل عام مع نمو السكان وتصنيعهم بشكل متزايد.

2. ارتفاع التكلفة بمجرد تجاوزنا الذروة.

ولكن كيف سيؤثر النقص القادم في النفط على نظامنا المصرفي والنقدي؟ يبدو أن هذه القضية «نقطة عمياء» للعديد من الأشخاص القلقين بشأن تداعيات ذروة النفط. عادة، عند الحديث عن ذروة النفط، يركز الناس على إيجاد حل سحري بديل للنفط. ولكن حتى في حالة وجود مثل هذا المورد، فإنه لن يحل مشكلاتنا ما لم ينفذ بالتزامن مع إصلاح شامل لنظامنا النقدي. السبب بسيط: النظام النقدي هو في الحقيقة مجرد انعكاس لنظام الطاقة لدينا.



يمكن توضيح ذلك بسهولة من خلال مقارنة الشكل الآتي، الذي يوضح نصيب الفرد من الناتج القومي الإجمالي ما كان عليه في عام 1925 إلى ما كان متوقعاً أن يكون في عام 2025، مع الشكل الآتي الذي يوضح إنتاج النفط ما كان عليه في عام 1950 إلى ما هو متوقع أن يكون في عام 2050.



نصيب الفرد من الناتج القومي الإجمالي بين عامي 1925-2050.



يُصمم النظام النقدي لشيء واحد هو: النمو. وحتى ينمو أي نظام، فإنه يتطلب إمداداً متزايداً باستمرار من الطاقة. كان لدينا إمداد متزايد من الطاقة بشكل مستمر مع تقدمنا في منحني إنتاج النفط (الطاقة) إلى أعلى.

لكننا حالياً عالقون في نظام يتطلب النمو، لكننا على وشك الحرمان من الطاقة الزائدة اللازمة لهذا النمو. لم يصمم نظامنا النقدي لهذه الحالة الطارئة. إذا لم يستطع النمو، فإنه ينهار. ليس هناك بديل آخر.

إذا لم يكن النطاق الضخم لمشكلتنا واضحاً بالفعل، نأمل أن يكون كذلك حالياً. يتطلب التعامل مع أزمة النفط أكثر بكثير من مجرد إيجاد بديل للنفط. يتطلب استبدال النظام النقدي القائم على النمو بنظام الحالة المستقرة. هذا مشروع لا يمكن المبالغة في أبعاده الأسطورية.



إدارة الانهيـــار والتعامـــل مع التداعيـــات

قدم النائب الجمهوري عن الولايات المتحدة روسكو بارتليت قراراً لمجلس النواب مع سبعة رعاة مشاركين يشير إلى النطاق المطلوب لأي حل يهدف إلى معالجة ذروة النفط. ينص قرار مجلس النواب رقم 12 الصادر عن الدورة الـ 110 للكونغرس الأمريكي على ما يأتي: إذا جرى حلها حالياً، فإن رؤية مجلس النواب هو:

1. لجعل تكاليف الطاقة في متناول الجميع، والحد من تأثيرنا البيئي، وحماية الازدهار الاقتصادي، بما في ذلك عجزنا التجاري، يجب على الولايات المتحدة التحرك بسرعة لزيادة الإنتاجية التي يستخدم بها الوقود الأحفوري، وتسريع التحول إلى الوقود المتجدد واقتصاد الطاقة النظيفة والمستدام.

2. يجب على الولايات المتحدة، بالتعاون مع حلفاء دوليين آخرين، إنشاء مشروع طاقة بحجم وإبداع وإحساس بالحاجة الملحة لمشروع «رجل على القمر» لتطوير خطة شاملة لمواجهة التحديات التي تطرحها ذروة النفط.

وفقاً لماثيو سيمونز، انتهى الجدل بين المتشائمين والمتفائلين حول ذروة النفط. واتضح أن كليهما كان على خطأ. الوضع أسوأ مما توقعه حتى المتشائمون: فقد تبين أن المتفائلين كانوا على خطأ. أصدرت هيئة المحلفين الحكم. لقد خسر المتفائلون. تثبت الكثير من البيانات الميدانية حالياً أن أطروحتهم الإجمالية كانت خاطئة.



للأسف، وللمفارقة، قد يكون المتشائمون على خطأ أيضاً. لكن معظم الناس يفترضون أن يوم الحساب هذا لا يزال بعيداً بسنين. قد يكونون أيضاً متفائلين جداً.

إذا كنت تعتقد أن مناقشة ذروة النفط وعواقبه المحتملة «متشائمة»، اسأل نفسك:

1. هل كان ونستون تشرشل «متشائماً» عام 1940 عندما قال لبريطانيا: «ليس لدي ما أقدمه لك سوى الدم والكدح والدموع والعرق»؟
2. هل كان ألبرت أينشتاين «متشائماً» عام 1939 عندما أخبر فرانكلين روزفلت أن ألمانيا النازية كانت بصدد تطوير قنبلة ذرية؟

هناك فرق بين «المتفائل» والمغفل. المتفائل هو الشخص الذي ينظر إلى الحقائق القاتمة ويقرر تحقيق أقصى استفادة من الموقف. المغفل هو الشخص الذي ينظر إلى الحقائق القاتمة ويقرر تجاهلها لأنها مزعجة جداً. إذا كنت تريد تجاهل الواقع القاسي لذروة النفط، فلا تتردد.

يبدو أن هذه مشكلة خطيرة، لكن كما تعلم، قد أصاب بالسرطان أو أتعرض للدهس بوساطة سيارة أو أي عدد من الكوارث الأخرى. لماذا يجب أن أقلق بشأن هذا أيضاً؟

إن الإصابة بمرض يهدد الحياة، أو دهس السيارة، أو التعرض لكارثة مماثلة هي احتمالية قد تؤثر عليك يوماً ما. لكن نضوب النفط هو أمر مؤكد يؤثر عليك بالفعل، ومن المحتمل أن يؤثر عليك كثيراً في المستقبل. سيضمن رفضه حالياً أنه سيصيبك بشكل أقوى في المستقبل.



ما هي بعض الخطوات التي يمكن أن نتخذها كمجتمع للتعامل مع ذروة النفط؟ ما هي بعض السياسات العامة التي، إذا جرى تنفيذها، ستساعدنا في إدارة هذا الانهيار بدلاً من الوقوع فيه فقط؟

ذروة النفط ستحدث ولا يمكننا إيقافها. لكننا قد نكون قادرين على تقليل مقدار المعاناة مع تعظيم فرص بناء حضارة ما بعد النفط الناجحة إذا طبقنا سياسات عامة مناسبة مثل:

أ. الإجراءات المتحضرة لدعم تخفيض عدد السكان

السبب الرئيسي لأزمة الطاقة التي تلوح في الأفق هو حقيقة أن العالم لديه عدد أكبر من الناس مما يمكن دعمه في بيئة مستقرة للطاقة المتجددة. الحل الواضح هو تقليل عدد سكان العالم بأكثر الطرائق تحضراً مثل:

1. إعلام الناس بالطبيعة الحقيقية للأزمة ونطاقها. يمتنع الكثيرون طواعية عن إنجاب المزيد من الأطفال إذا كانوا على دراية بوضعنا.

2. إيجاد حلول عملية وإنسانية وعادلة للهجرة. في الولايات المتحدة، من المتوقع أن تأتي الغالبية العظمى من نمونا السكاني من الهجرة. في حين أن الهجرة قد تكون مرغوبة من منظور اقتصادي أو إنساني، إلا أنها ستكون كارثية من وجهة نظر بيئية.



ب. تدابيـــــر تعزيـز الحفـظ

قد لا يكون الحفظ شائعاً، لكن بدونه، لا أمل لدينا في التعامل بشكل فعال مع نقص النفط القادم. يجب أن تشمل تدابير الحفظ تدابير من أجل:

1. إلغاء التخفيضات الضريبية لسيارات الدفع الرباعي.
2. إصدار تشريعات تفرض معايير أعلى لكفاءة الوقود.
3. تمويل برامج لتشجيع استخدام مرافقي السيارات ووسائل النقل العام وركوب الدراجات.
4. خفض الإعانات للأعمال التجارية الزراعية مع دعم برامج الزراعة المحلية والمجتمعية في الوقت نفسه.

ج- تدابير دعم الطاقة البديلة والمتجددة

إذا لم نتخذ إجراءات فورية وواسعة النطاق ومستمرة للتحول إلى الطاقة المتجددة، فإن الحضارة ستواجه أشد الاضطراب وربما الأكثر عنفاً في التاريخ الحديث.







هنـــالك عـــدة طـــرائق لعمل هذا:

1. تمويل مشروع «مانهاتن» أو «أبولو» لتسريع تطوير الطاقة المتجددة. الحلول متواضعة، لكنها كل ما لدينا، لذلك نحن بحاجة إلى توسيع نطاقها قدر الإمكان في أقرب وقت ممكن.
2. منح إعفاءات ضريبية لأصحاب المنازل الذين يقومون بتركيب الألواح الشمسية أو طواحين الهواء أو الأنظمة المماثلة.
3. تمويل النقل العام بدرجة أكبر بكثير مما يمول حالياً.
4. دعم المؤسسات التعليمية التي لديها تخصصات مثل «الاقتصاد المستدام».

د- اجراء إصلاح شامل للنظام النقدي القائم على الديون

أي نظام اقتصادي يتطلب نمواً دائماً سينهار في النهاية على نفسه، بغض النظر عن مصدر (مصادر) الطاقة. من المرجح أن يكون تحرير أنفسنا من براثن هذا النظام أكثر صعوبة بكثير من تحرير أنفسنا من الاعتماد على الوقود الأحفوري. يجب ألا ندع ضخامة هذا التحدي تثنينا عن مواجهته. بدون تغيير طريقة عمل الأموال، لن تفيدنا جميع برامج الطاقة المتجددة في العالم بأي شيء.



ما هي بعض الخطوات التي يمكنني اتخاذها شخصياً في الأيام القليلة المقبلة لبدء معالجة هذا الموقف؟

القائمة الآتية ليست شاملة بأي حال من الأحوال. هذه ليست سوى بعض الخطوات البسيطة التي يمكنك البدء في اتخاذها على الفور.

1. ثقف نفسك حول ذروة النفط وتداعياته.
2. ثقف الآخرين. إذا لم تكن متأكداً من كيفية القيام بذلك، فكر في إقراضهم هذا الكتاب.
3. ابحث عن الأشخاص ذوي التفكير المماثل. هناك مجموعات ذروة النفط تتشكل في جميع أنحاء العالم.
4. قم بإجراء عمليات البحث في Google عن ذروة النفط كلما سنحت لك الفرصة. نظراً لأن المزيد من الأشخاص يبحثون عن «ذروة النفط»، سيلاحظ الأشخاص في Google ذلك. قد يؤدي هذا إلى زيادة التغطية الإعلامية السائدة.
5. قلل من استهلاك اللحوم بقدر ما تستطيع. اللحوم هي شكل غير عادي من الأطعمة كثيفة الاستهلاك للطاقة.
6. ابدأ في استخدام دراجتك أو وسائل النقل العام بدلاً من سيارتك، كلما أمكن ذلك. إذا كان مجتمعك لديه جمعية تعاونية للسيارات، انضم إليه. إذا لم يكن لدى مجتمعك جمعية تعاونية للسيارات، فابدأ بواحدة.
7. قلل من شرائك للسلع الاستهلاكية بقدر ما تستطيع.



8. قلل من استهلاكك للكهرباء قدر الإمكان. ضع في اعتبارك الاستثمار في عناصر مثل الفوانيس التي تعمل بالطاقة الشمسية وشواحن البطاريات وأجهزة الراديو وسخانات المياه الشمسية وشواحن الحاسوب المحمول والمولدات التي تعمل بالدراجات وما إلى ذلك.

9. فكر في تحويل سيارتك إلى وقود حيوي. سيوفر لك هذا مزيداً من المرونة حيث تصير أسعار الغاز باهظة الثمن.

10. ضع في اعتبارك الالتحاق بصف الزراعة العضوية أو الانضمام إلى جمعية تعاونية غذائية محلية. أنت بحاجة إلى البدء في التعرف على التربة والزراعة التي لا تعتمد على النفط.

11. ابدأ في تعلم الإجراءات الطبية الطارئة الأساسية.

12. ابحث عن أشكال بديلة للرعاية الصحية مثل العلاج بالطاقة الحيوية، والتنويم المغناطيسي الذاتي، وما إلى ذلك. ستصير الرعاية الصحية القائمة على الأدوية قريباً باهظة الثمن بالنسبة لأي شخص باستثناء الأثرياء.

13. تقليل عبء الديون الخاصة بك قدر الإمكان.

14. ابدأ في التفكير في كيفية النجاة من انقطاع التيار الكهربائي ونقص الغذاء والماء والانهيار الاقتصادي.

15. ابدأ بقبول الموت. حتى لو نجوت، ستشهد قدراً غير مسبوق من الموت والمعاناة خلال المراحل اللاحقة من انهيار النفط. يمكنك كذلك البدء في التحضير الآن.



16. تنمية روح الدعابة. كما يمكنك أن تقول، لم أدع حقيقة أنني أمضي أيامي في البحث والكتابة عن «نهاية العالم» تضعف حس الدعابة لدي. المستقبل لن يكون لطيفاً. حس الفكاهة سيجعل التعامل معه أسهل بكثير.

• كيف يجب أن نستعد عاطفياً؟

إنّ الطريقة الوحيدة التي سنتعامل بها بشكل فعال مع نهاية عصر النفط هي التعامل بشكل فعال مع عواطفنا.

1. التعامل مع الخوف

وفقًا للمؤلف والمتحدث التحفيزي الأكثر مبيعاً توني روبنز، فإن الخوف يحمل رسالة: الخوف هو ببساطة توقع أن شيئاً ما سيحدث قريباً يحتاج إلى الاستعداد له. وكما جاء في شعار فتى الكشافة: «كن مستعداً». نحن بحاجة إما إلى الاستعداد للتعامل مع الموقف، أو القيام بشيء لتغييره.

المأساة هي أن معظم الناس إما يحاولون إنكار خوفهم، أو أنهم يغرقون فيه. لا يحترم أي من هذين النهجين الرسالة التي يحاول الخوف إيصالها، لذلك سيستمر في ملاحقتك بينما يحاول إيصال رسالته.

أنت لا تريد الاستسلام للخوف وتضخمه من خلال البدء في التفكير في أسوأ ما يمكن أن يحدث، ولا تريد التظاهر بأنه ليس موجوداً.



يكتب روبنز أن حل الخوف هو: راجع ما كنت تشعر بالخوف منه وقم بتقييم ما يجب عليك فعله لإعداد نفسك عقلياً. اكتشف الإجراءات التي يتعين عليك اتخاذها للتعامل مع الموقف بأفضل طريقة ممكنة. أحياناً نكون قد قمنا بكل الاستعدادات الممكنة لشيء ما؛ لا يوجد شيء آخر يمكننا القيام به، لكننا ما زلنا نسكن في الخوف. هذه هي النقطة التي يجب أن تستخدم فيها الترياق للخوف؛ يجب أن تتخذ قراراً بالإيمان، مع العلم أنك فعلت كل ما في وسعك للاستعداد لكل ما تخشاه.

كما يقول مايكل روبيرت يحدث الخوف عندما لا نفهم شيئاً ما وعندما نتوقع، إما بوعي أو بغير وعي، في المستقبل. نخاف من المجهول والأشياء التي لا نريد مواجهتها. عندما لا نواجه مشكلات الحالية، فإننا نضمن أنها ستكون أسوأ لاحقًا. كتب كارل يونغ Carl Jung: «أساس كل الأمراض العقلية هو عدم الرغبة في تجربة معاناة مشروعة». أفضل طريقة للتوقف عن العيش في خوف هو تثقيف الذات ... تسليح العقل، إذا جاز التعبير. الطريقة الأكثر روحية للتعامل مع الخوف هي الاقتراب منه بدلاً من الهروب منه. ومن هذا الالتزام يجري إحراز تقدم حقيقي وتصير الحلول غير المرئية حلولاً حقيقية.

من خلال تثقيف نفسك حول ذروة النفط وتداعياته، فأنت تتخذ بالفعل خطوات للتعامل مع الخوف. إذا كنت تتجول وترتجف خوفاً، فستجذب الظروف الخارجية التي تفاقم خوفك. لهذا السبب، من الأهمية بمكان أن نسعى جاهدين لجعل حالات الوعي أكثر إنتاجية من الخوف. فيما يتعلق بالأساليب العملية للتعامل مع الخوف، هذا مسعى فردي إلى حد كبير. سوف تجد الأشياء التي تناسبك، لكن ضع في اعتبارك أن العمل هو ترياق للقلق.



2. اعتبار انهيار الحضارة القائمة على النفط فرصة وليس مأساة

معظمنا في البلدان القائمة على الاستهلاك أناس طيبون جداً. في قلوبنا، نؤمن حقاً بالمثل العليا مثل المساواة والأخوة والعدالة. لن نعتدي أبداً أو نسيء معاملة إنسان أو نقتله لمجرد الحصول على شيء منه. ومع ذلك، لدعم أسلوب حياتنا القائم على النفط والاستهلاك، تعمل حكومتنا على القيام بهذه الأشياء من أجلنا.

إذا شعر المواطن العادي بالمعاناة الناتجة عن إنتاج كل قطعة من البلاستيك في منزله، وكل غالون من النفط في خزان الغاز، وكل قطعة من الطعام على مائدة العشاء، فمن المحتمل أن يكون مريضاً في معدته وسيكون كذلك. لذلك كن على استعداد لفعل كل ما يلزم لتغيير الأشياء.

سوف تجبرنا ذروة النفط على تغيير الأشياء. ذروة النفط تعني أن نهاية العالم كما نعرفه على عتبة بابنا. وهذا يعني أيضاً أن لدينا فرصة لخلق عالم جديد تعيش فيه البشرية في وئام مع نفسها والأرض. لم يعد أسلوب الحياة هذا مجرد «الشيء الصحيح الذي ينبغي عمله». إنها حالياً ضرورة إذا أردنا البقاء على قيد الحياة كنوع.

في كتاب الحقيقة حول الحرب والنفط: أزمة الطاقة العالمية القادمة، يتبنى المؤلف ستيفن هاميلتون بيرجين موقفاً متفائلاً بأن العالم الأفضل سوف ينهض من الرماد. وفقاً لبيرجين، هناك نوع من الأزمات موضع ترحيب تقريباً للتخلص من حكومة لا قيمة لها وإدارة كليبتوقراطية، مما يؤدي إلى شكل من أشكال الحياة الجديدة الأفضل.

تساءل الكثير بعصبية: ما الذي سيحل محل نظام المزارع؟ كيف سيحصلون على طعامهم؟ لمن سيعملون؟ هل كانت لديهم المهارات اللازمة للبقاء على قيد الحياة في طريقة الحياة الجديدة هذه؟ ماذا سيحدث لعائلاتهم؟



وبإلقاء نظرة صادقة على ما يتطلب منا حل هذه المشكلة القيام به في السنوات العشر القادمة واسأل نفسك: «هل هذا ممكن حتى عن بعد؟»

1. تقليل استهلاكنا للنفط بنسبة 75-90 %. سيوفر لنا هذا نحو 25–35 سنة إضافية للانتقال إلى مصادر متجددة، وأكثرها وعداً هي طاقة الرياح والطاقة الشمسية.

2. رفع مستوى استخدامنا لطاقة الرياح والطاقة الشمسية. (نحصل حالياً على 40 % من طاقتنا من النفط. ونحصل على أقل من 0.14 % من طاقة الرياح والطاقة الشمسية معاً) لزيادة استخدامنا لطاقة الرياح والطاقة الشمسية، يكون هذا أمراً مستحيلاً إذا حاولنا تقليل استهلاك النفط بنسبة 75-90 %، حيث تتطلب عملية تنفيذ طاقة الرياح والطاقة الشمسية كمية هائلة من النفط. توجد المشكلة نفسها إذا سلكنا الطريق النووي.

3. تقليل عدد سكاننا بطريقة لا تنطوي على أسلوب عنصري أو فاشي في التحكم في السكان.

4. معالجة أزمة الغاز الطبيعي.

5. عالج حقيقة أنه بحلول عام 2030، سيستهلك الفحم طاقة أكبر لاستخراجها مما يحمله.

6. الانتقال من اقتصاد قائم على (السوق / النمو) إلى حالة مستقرة.



موسوعة العمري في علوم الأرض



المراجـــع

Chaudhuri, Uttam Ray, (2011), **Fundamentals of Petroleum and Petrochemical Engineering**, CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business, Boca Raton.

Gluyas, Jon & Richard Swarbrick, (2004), **Petroleum Geoscience**, Blackwell Science Ltd., Maiden.

Guoyu, Li, (2011), **World atlas of oil and gas basins**, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, West Sussex.

Hall, Charles A. S. & Carlos A. Ramírez-Pascualli, (2013), **The First Half of the Age of Oil**, Springer New York.

Maugeri, Leonardo, (2006), **The age of oil : the mythology, history, and future of the world's most controversial resource**, Praeger Publishers, 88 Post Road West, Westport.

Ogunsola, O., et al.; (2010), **Oil Shale: A Solution to the Liquid Fuel Dilemma**, ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC.

Ralston, Jonah J., (2008), **"PEAK OL": The Evetual De of the Oil AGE**, Directed Research Project, Master of Arts in International Affairs Washington University in St. Louis, Summer Semester.

Savinar, Matt, (2004), **The Oil Age Is Over: What to Expect as the World Runs Out of Cheap Oil, 2005-2050**, Santa Rosa.



موسوعة العمري
في علوم الأرض



أ.د. عبد الله بن محمد العمري

www.alamrigeo.com E.mail : alamri.geo@gmail.com Cell : +966505481215

المناصب الإدارية والفنية

- دكتوراه في الجيوفيزياء عام 1990 م من جامعة مينيسوتا - أمريكا.
- المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود.
- المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي.
- المشرف على مركز الطاقة الحرارية الارضية بجامعة الملك سعود.
- رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض.
- رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود.
- مؤسس ورئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية AJGS.
- رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة أوريغون الحكومية الأمريكية ومعهد ماكس بلانك الألماني.

الاستشارات والعضويات

- مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- مستشار هيئة المساحة الجيولوجية وهيئة المساحة العسكرية والدفاع المدني.
- مستشار مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة.
- مستشار هيئة الرقابة النووية والإشعاعية.
- باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعمه من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو.
- باحث رئيس في مشاريع مدعمه من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعمل ليفرمور الأمريكي LLNL.
- عضو الجمعية الأمريكية للزلازل.
- عضو الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء.
- عضو الاتحاد الأوروبي للجيولوجيين.
- عضو لجنة كود البناء السعودي وعضو المنتدى الخليجي للزلازل GSF.
- عضو لجنة تخفيف مخاطر الزلازل في دول شرق البحر الأبيض المتوسط RELEMR.
- باحث رئيسي ومشارك في مشاريع بحثية مع جامعات الاباما وبنسلفانيا وأوريغون الامريكية.
- ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية.
- ضمن قائمة Who's Who في قارة آسيا للتميز العلمي.
- ضمن قائمة Who's Who في العالم للإسهامات العلمية.





النشر العلمي والتأليف

- نشر أكثر من **200** بحثاً علميًا في مجلات محكمة.
- ألف **35** كتاباً علمياً.
- أصدر موسوعة رقمية في علوم الأرض من **14** مجلداً و**107** ملفات علمية.

المشاريع البحثية

- أنجز **40** مشروعاً بحثياً محلياً و **16** مشروعاً بحثياً دولياً و **74** تقريراً فنياً.

المؤتمرات والندوات

- شارك في أكثر من **125** مؤتمراً محلياً ودولياً و **75** ندوة وورشة عمل متخصصة.

التعاون الدولي

- باحث رئيسي في **13** مجموعة عمل أمريكية وألمانية.

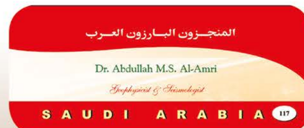
الجوائز

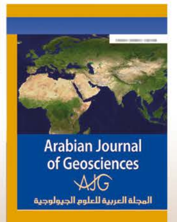
- حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام 2005 م.
- حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم و التقنية عام 2006 م.
- حصل على جائزة أبها التقديرية للإسهامات العلمية عام 2007م.
- حصل على جائزة جامعة الملك سعود للتميز العلمي عام 2013 م.
- حصل على جائزة الاتحاد الامريكي للجيوفيزياء للتعاون الدولي والنشاط البحثي عام 2013 م.
- حصل على جائزة جامعة السلطان قابوس للإسهامات العلمية عام 2013 م.
- حصل على جائزة الملك سعود لإدراج المجلة العربية للعلوم الجيولوجية في قائمة الـ ISI.
- حصل على جائزة أفضل رئيس تحرير مجلة علمية عام 2017 من الناشر الألماني SPRINGER.
- حصل على جائزة ألبرت نيلسون ماركيز للإنجاز مدى الحياة عام 2018 من منظمة Who's Who العالمية.

دروع التكريم

- حصل على **85** درعاً تكريمياً وشهادات تقدير من المملكة وعمان والكويت والإمارات والأردن ومصر وتونس والجزائر وألمانيا وأمريكا.





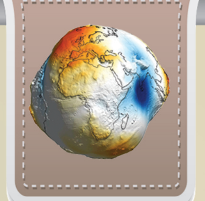




موسوعة العمري في علوم الأرض

Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences







تقدير عمر الأرض



شكل الأرض وحركاتها



الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها



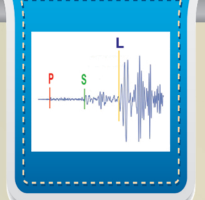
التركيب الداخلي للأرض



المعادن والتعدين



المد والجزر





موجات التسونامي



الزلازل والتفجيرات



تقييم مخاطر الزلازل



البراكين وسبل مجابهتها

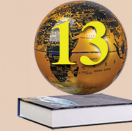


جيولوجية القمر

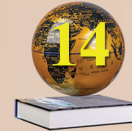


الأغلفة المحيطة بالأرض





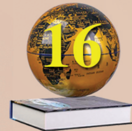
المشاكل البيئية وحلولها



التغيرات المناخية والاحتباس الحراري



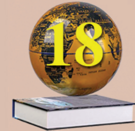
التشجير التحديات والحلول



الانزلاقات والانهيارات والفيضانات

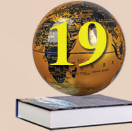


الأمطار السيول والسدود

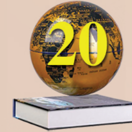


التصحر والجفاف

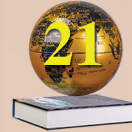




مستقبل الطاقة في عالمنا



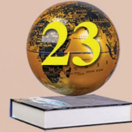
الطاقة الحرارية الأرضية



هل انتهى عصر النفط؟



الجيوفيزياء النووية

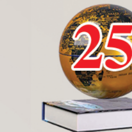


الجيولوجيا الطبية

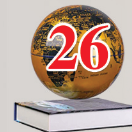


دليل كتابة الرسائل والنشر العلمي

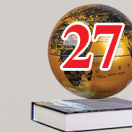




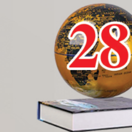
321 سؤال وجواب في تطور الأرض



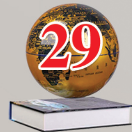
325 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء



358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية



380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية



303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلزالية الهندسية



300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية







www.alamrigeo.com